

ليونيد سيكوروك

# الفيزياء للصغار

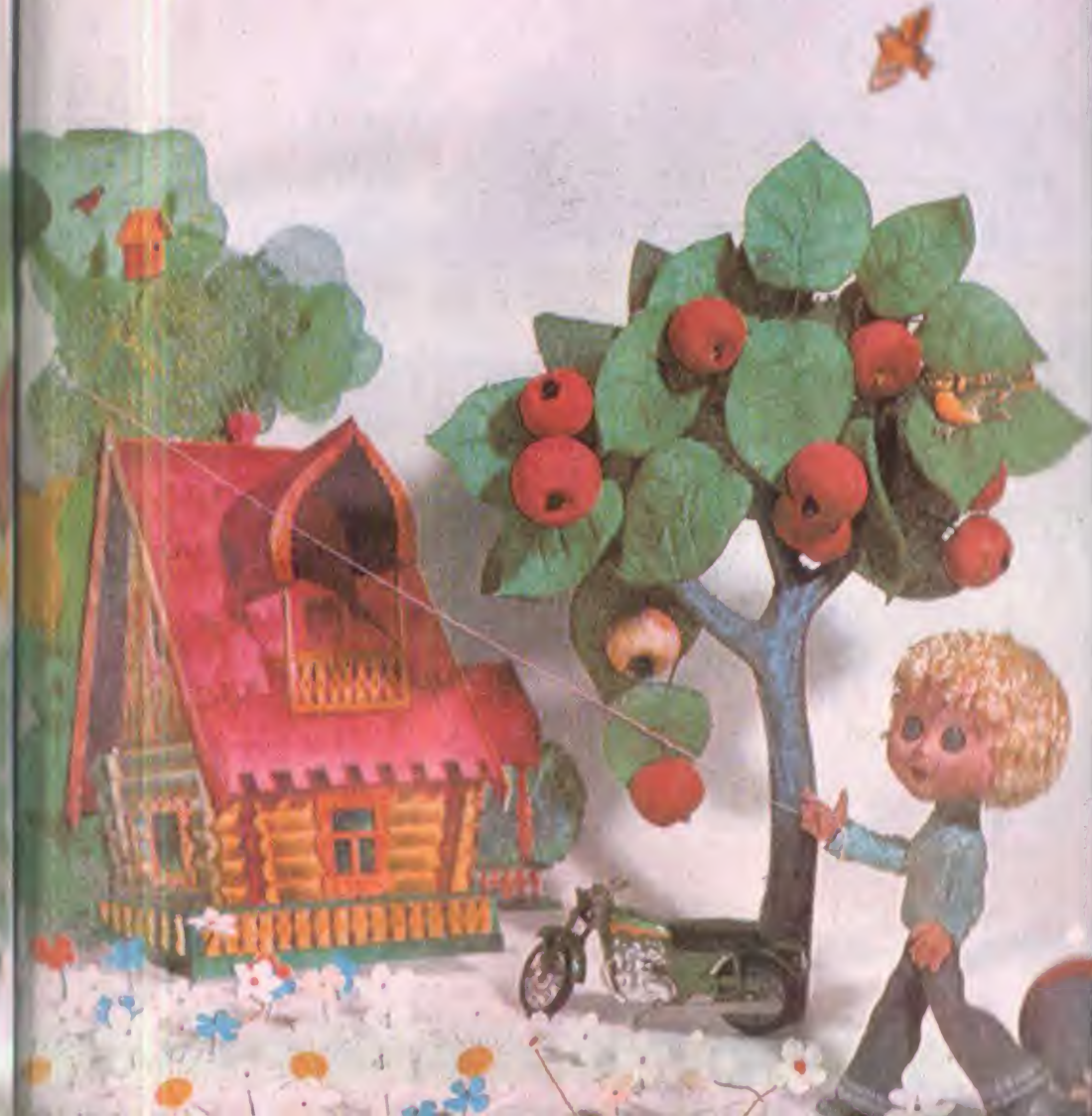
دار «مير» للطباعة والنشر موسكو



Л. Сикорук

# ФИЗИКА ДЛЯ МАЛЬШЕЙ

Москва „Педагогика“







### كلمة المؤلف

هذا الكتاب حصيلة جهود كبيرة بذلت في إعداد وإخراج المسلسل التلفزيوني «الفيزياء للصغار» من تلفزيون مدينة نوفوسيبيرسك في الاتحاد السوفيتي . لقد استرعى هذا المسلسل اهتمام الصغار والكبار على السواء وحظى بإقبال واسع . فالأعداد الكبيرة من الرسائل التي استلمتها تحتوي على أجوبة وحلول للعارفين ، وشروح مفصلة للتجارب والسمات التي أجراها الصغار من تلقاء أنفسهم ، وعلى أسئلة كان ينبغي الرد عليها في كل حلقة جديدة من المسلسل .

أنا مصور سينمائي ولست فيزيائيا . غير أن الاهتمام بعلم الفيزياء ظهر عندي منذ الطفولة — واني مدين بذلك لوالدي الذي علمني بكل ما سيرد ذكره في هذا الكتاب .

ليس هذا الكتاب منهجا دراسيا . . . فهو شرح مبسط لبعض المسائل التي يتناولها علم الفيزياء . ويمكن قراءته على أفراد العائلة مع الاطفال المقبلين على دخول المدرسة والتلاميذ في الصفوف الأولى منها ، ويمكن الاستعانة به كذلك في رياض الأطفال وأثناء الأعمال اللاصفية .

### الغرض من هذا الكتاب

هو

إفهام الأطفال أن العالم

المحيط بهم يمكن إدراكه ،

وأن كافة الظواهر الطبيعية يمكن تفسيرها وتعليلها علميا . وقراءة هذا الكتاب يجب أن تبحث الطفل على أن يقوم لوحده بالتجارب والمراقبات ويلعب باللعب التي يشغل بها أبطالنا .

لا داعي لقراءة هذا الكتاب «دفعه واحدة» فمثل هذه القراءة لا تعود بالفائدة المرجوة . الأفضل قراءته قصة بعد قصة ، لأن كل واحدة منها تعرفنا على ظواهر فيزيائية (طبيعية) معقدة لا يستطيع الطفل فهمها دائما . وبعد الانتهاء من قراءة القصة من الضروري مساعدة الطفل في إجراء التجارب والمراقبات المشروحة فيها ، وتوجيه الاسئلة للطفل وبحث أجوبتها



معهم . وهذا الأسلوب في القراءة يساعد  
الطفل على فهم المعلومات التي يحصل  
عليها ويساعده كذلك على التفكير المنطقي  
وحب الاستطلاع وحضور البديهة .  
ومن الضروري أن يشرف الكبار على  
كافة التجارب التي يقوم بإجرائها الصغار .  
فهذا ضروري لسببين : أولهما - لكي  
تحرى التجارب بصورة صحيحة وتنتهي  
بنجاح ، وثانيهما - من أجل مراعاة  
شروط «الأمن الفني» . ويجب أن يكون  
موقف الكبار جديا بشكل خاص من  
إجراء التجارب المشروحة في فصول :  
«الفضاء» ، «القصور الذاتي والدفع النفاث» ،  
«الكهرباء والمغناطيسية» .  
لا بد أن يكون التعرف على مادة  
الفيزياء عملا لطيفا وباعثا للسرور . لذا  
فلا داعي لإجبار الطفل على ذلك عندما  
تعدم عنده الرغبة في تعلم الفيزياء  
بالذات . ولا يجوز في أى حال من  
الأحوال إعطاء الدراسة بواسطة هذا الكتاب  
طابعا يشبه الدروس المدرسية . وكلما كان

سيكون النجاح حليفكم  
إذا أقبلتم على هذا العمل بأسلوب  
إبداعي خلاق  
واحترمتم العالم الداخلي للطفل .  
أتمنى لكم النجاح من صميم القلب !

على الطابق الذي أعيش فيه تقيم عائلة مثيرة  
للإهتمام . وهي تتكون من أب وأم مختصين في علم  
الراكين ، وبنت اسمها إيريشكا وهي تلميذة في الصف  
الأول . وابن اسمه ليونيا يأخذونه يوميا إلى روضة الأطفال .  
في العام الماضي سافر الوالدان في بعثة علمية  
وتركا إيريشكا وليونيا مع ابنة عمهما تانيا ، وهي طالبة  
في معهد الموسيقى . كان يروق للطفلين البقاء مع  
تانيا ، ذلك لأنها تبتدع دائما ألعابا جديدة . وهذه  
الألعاب ليست شيقة ومثيرة فحسب ، بل هي مبنية  
على أساس علمي أيضا ، الأمر الذي نادرا ما نصادفه .  
ولذا قررت تأليف كتاب حول هذه الألعاب ،  
حتى يكون بوسعكم معرفة السبب الذي يجعل الأسطوانة  
تلغى ، وكيف يمكن عمل محرار من قنينة زجاجية ،  
ولماذا تحتاج السفينة إلى شراع . . .  
على هذه الأسئلة والكثير غيرها يجب علم  
الفيزياء الذي ستخطون أولى خطواتكم فيه بعد أن  
تقرأوا كتاب «الفيزياء للصغار» .





# الصوت

الاهتزاز والأصوات

هاتف من علبتي الكبريت

كيف نكبر الصوت ؟

ما حاجة الأرنب إلى

الأذنين الطويلتين ؟

كيف يمكنك رؤية

صوتك ؟

لماذا تغني

الأسطوانة ؟

الصدى





## الاهتزاز والأصوات

تانيا في المطبخ تحضر طعام الغداء ، وإيريشكا تقرأ كتابا ، أما ليونيا فكان في حيرة من أمره ، لا يعرف بأى شيء يشغل نفسه . اقترب من طاولة الرسوم الهندسية ، فلاحظ عليها مسطرة خشبية طويلة . زحزح المسطرة حتى تدلى طرفها من حافة الطاولة ، ثم نزل الطرف المتدلى (أى شده وتركه) فأخذ يهتز



أوحده . قصّر ليونا الجزء المتدلى من المسطرة ونثله من جديد فأخذ يهتز بأسرع من ذي قبل . جعل هذا الجزء أقصر مرة أخرى ونثله من جديد فإذا به يصدر طينا .

جاءت تانيا من المطبخ وتقدمت من الطاولة وأخذت تتفحص المسطرة بيدها . وضعت إحدى نهايتي المسطرة على حافة الطاولة

وضغطت عليها براحة يدها ومن ثم نثلت النهاية الأخرى بيدها الثانية فأخذت المسطرة تطنطن . قالت تانيا :



— إذا كانت تهتز ، فلا شك أنها تطنطن أيضا .

جعلت تانيا الطرف المتدلى من الطاولة أقصر من ذي قبل ونثله من جديد ، فأخذ يهتز بسرعة كبيرة ويصدر صوتا رفيعا . جعلت تانيا هذا الجزء أطول من ذي قبل ونثلت نهايته فوجدت أنه يتحرك أبطأ من السابق ويصدر صوتا غاصبا .



كان ليونيا وإيريشكا يراقبان باهتمام كبير كل ما تقوم به تانيا . وأخيرا تكلم ليونيا معربا عن رأيه :

— يظهر أنه كلما كان طرف المسطرة أقصر ، كان الصوت الذى تصدره أرفع ، وكلما كان طرفها أطول ، كان الصوت أكثر غصبا ، أليس كذلك ؟





وقالت تانيا مؤيدة :

— أجل ، هذا صحيح ، ويمكن أن نبتدع شيئا آخر أيضا . . .

هل يوجد عندكم سلك معدنى ؟

أجابها ليونيا : — نعم . وجاء بسلك معدنى رفيع .

أخذت تانيا أحد طرفى السلك وربطته بدرج طاولة الكتابة وشدته

قليلا ، ومن ثم تلت السلك من وسطه ، فأخذ يصدر طينا . قامت تانيا

بشد السلك أكثر من ذى قبل وتنتله من وسطه ثانية فإذا به يصدر صا أصاة

رفيعة . أخذت تانيا تشد السلك تارة وترخيه تارة أخرى ، وهو يصا أصى

بصوت رفيع مرة ويلدى بصوت غاضب مرة أخرى .

وفيما كانت تانيا تعمل ذلك انطلقت ايريشكا إلى غرفة الأطفال

وعادت بقوس الكمان . أخذت ايريشكا تمرر القوس على السلك أما تانيا

فكانت تشده تارة وترخيه تارة أخرى . وحصلت عندهم معزوفة غنائية معروفة .

كان الجميع فى غمرة من الضحك والسعادة ! ثم حل الهدوء فقالت تانيا

للصغيرين :

— ضعوا اصبعيكما على حنجرتيكما برفق . وبعد ذلك أطلقا صياحا .

فبدأ كل منهما فى الصياح بصوت رنان . كانا يصيحان ويشعران

باهتزاز حنجرتيهما .

وبالمناسبة إنك أيضا تتمكن من القيام بكل ما فعلته تانيا وإريشكا

وليونيا

عند إجراء التجارب المشروحة فى هذه القصة ، لا بد من تركيز  
انتباه الطفل على أن الصوت يصدر فقط من الأجسام المهتزة . قد يسأل  
الطفل : لماذا لا تصدر كافة الأجسام المهتزة صوتا ؟ فعلى سبيل المثال ،  
إذا هزنا أيدينا لن نسمع شيئا . ذلك لأن آذاننا تسمع الأصوات فقط  
عندما يكون تردد اهتزاز الجسم أكثر من ٢٠ هزة (ذبذبة) وأقل من ١٦  
ألف هزة فى الثانية . علما بأنه كلما ازداد تردد الاهتزاز كان الصوت الذى  
نسمعه أعلى . ويجب أن نفسر للأطفال أن الاصوات الغليظة و«الغاضبة» تسمى  
واطئة كأصوات الدببة وأفراس النهر والتمور وغيرها . وأوطأ صوت عند الرجال  
هو صوت الباص ، أى الصوت الجهير ، أما أوطأ صوت عند النساء فهو  
الصوت الرنان .

وتسمى الأصوات الرفيعة بالاصوات العالية ، وهى تكون عند الجردان  
والطيور والأرانب وغيرها . وأعلى صوت نسوى بالمصطلحات الموسيقية هو  
صوت السبرانو ، أما أعلى صوت رجالى فهو صوت التينور .

إن التجربة التى أجريناها على مسطرة الرسوم الهندسية يمكن إجراؤها  
على مسطرة عادية . فى هذه الحالة يجب أن نضم أحد طرفى المسطرة  
إلى الطاولة ضما محكما ، حتى لا يتمكن من التحرك عند اهتزاز الطرف  
الثانى المتدلى من الطاولة ، والا فسيكون ذلك انطباعا غير صحيح لدى  
الطفل حول أسباب نشوء الصوت . ومن الضرورى أن نحصل على وضع  
للمسطرة تصدر عنده صوتا مخمليا يشبه صوت آلة الكونتروباس (الكمان  
الأجهر) عندما يعزف عليها بأصبعين .



## هاتف من علبي الكبريت

في أحد الأيام جاء مصلح الهاتف لنصب هاتف في بيتنا . وعندما انتهى هو من ذلك ، قال ليونيا وهو ينظر إلى الهاتف الجديد :  
 — ليت لنا مثل هذا الهاتف !  
 — أليس هو لكم ؟ فلمن نصبته يا ترى ؟ إنه لكم من الآن فصاعدا .

— نحن لا نريد هذا الهاتف بالذات ، بل واحدا خاصا بنا ، حتى أتمكن من الاتصال من مقر عملي في المعمل بإريشكا في المستشفى .  
 — وأين المستشفى والمعمل ؟  
 — المستشفى على الأريكة والمعمل في غرفتنا  
 وقال المصلح وهو غارق بالتفكير : — ما العمل إذن ، هل عندكم علبي كبريت ؟  
 — نعم .  
 — وخيط ؟



— عندنا خيط أيضاً .  
 — إلى بها !

أما بالنسبة للتجربة التي أجريناها على السلك وقوس الكمان ، فيمكن إجراؤها من غير قوس الكمان ، بالعزف على السلك بأصبعين . ولكي يصدر السلك أصواتا مختلفة من حيث الارتفاع ، فلا بد من شدة بدرجات مختلفة . وبعد محاولات قليلة ستمكنون حتما من عزف بعض المعزوفات الموسيقية البسيطة . ومن المهم جدا أن يعيد الأطفال هذه التجربة بأنفسهم .



أخذ المصلح الخيط ولضمه في الإبرة وسحب غطاء علبة الكبريت ثم أفرغها من عيدانها وخرق قاعها بالابرة وسحب الخيط منها بعد ذلك . وحتى لا يفلت الخيط من العلبة ربط طرفه بعود ثقاب . وكرر المصلح هذه العملية مع الطرف الثاني من الخيط وعلبة كبريت أخرى . وعندما انتهى من ذلك أعطى كلا منهما علبة وقال :

— قفى يا ايريشكا هنا ، أما أنت يا ليونيا فأسرع إلى معملك . أخذت ايريشكا علبتها وبدأت تنتظر ، بينما أسرع ليونيا إلى غرفة الأطفال . وقف في الغرفة عندما صار الخيط بين العلبتين مشدودا كالوتر . قرب ليونيا العلبة من شفثيه ، أما ايريشكا فقربت علبتها من أذننها .

— ايريشكا ، هل تسمعيني ؟  
— أسمعك جيدا حتى بدون الهاتف .



فقال المصلح : — إذن سدى أذنك الأخرى . فسدت ايريشكا أذننها براحة يدها . صاح ليونيا مرة أخرى :  
— ايريشكا !

قربت ايريشكا علبة الكبريت من شفثيها وقالت :  
— أما الآن فأسمعك في الهاتف جيدا . وأخذت تناديه :  
— ليونيا ! .. آه !

فسأل المصلح :

— ماذا بك ؟  
— أحس بوخزة في أصبعي .  
— ما الذى يخز أصبعك ياترى ؟  
— قاعدة العلبة .  
— أى أنها تتذبذب ؟  
— أجل .

وأضاف المصلح قائلا : — القاعدة تتذبذب وترغم الخيط على التذبذب .

أيضا

فاشترك ليونيا في الحديث وقال بصوت عال :  
— أنا أعرف !

قال المصلح مستفسرا :  
— ما الذى تعرفه ؟

— الرعشات تدب في الخيط متجهة إلى علبتى ، فتجبر قاعدتها على الارتعاش أيضا ، فيحصل صوت من جديد .





— هذا صحيح . ولكن إذا كنا نتكلم بدون هاتف ، فكيف يصل صوتي إلى مسمعك ؟ فليس هناك خيط حتى يدب فيه ، ما الذي يرتعش في هذه الحالة اذن ؟

غرق الطفلان في تفكير عميق ، ثم قالت ايريشكا : الهواء يرتعش . وحتى تشعر بذلك المس حنجرتك بأصبعك .

ففعل المصلح ذلك .

— أما الآن فقل «ررر» .

فكرر المصلح : «ررر» .

— ألا تشعر كيف ترتعش حنجرتك ؟

— بلى .

— اذن ، عندما نتكلم ، تأخذ حنجرتنا بالارتعاش ، فيبدأ الهواء

اللامس لها بالارتعاش أيضا ، وتسرع الموجات في الهواء كما يحصل ذلك

في الماء . إلا أننا لا نرى هذه الموجات بل نسمعها .

قال المصلح مودعا إياهما بابتسامة :

— لا يسعني إلا أن أقول لكما ، إنكما شاطران !



اصنع أنت أيضا هاتفا من خيط وعلبتي كبريت .

تحدث مع أحد زملائك بواسطة هذا الهاتف وضع

أصبعك على الخيط .

هل سيسمعك زميلك ؟

لماذا لا يصل الصوت إلى العلبة الثانية إذا لمست

الخيط بأصبعك ؟

عندما نحضر لعبة الهاتف لابد من أن نركز انتباه الطفل على أن الخيط المشدود بين العلبتين لا يجب أن يمس أى شيء ، بما في ذلك أصابعنا التي نمسك العلبتين بها . ومن الضروري أن نشرح للطفل بأن الخيط إذا لمس حاجة ما ، فإن الاهتزاز الحاصل فيه سينتقل إلى تلك الحاجة ، ومن ثم يكف عن الانتشار ، لذا لا يسمع الصوت في العلبة الثانية .

ولتحضير مثل هذا الهاتف يمكن استعمال أى علبتين من قياسات

مناسبة ، كعلبة الدبايس مثلا . وكتب لى أحد الأطفال أنه استعمال بدلا

من الخيط سلكا بدون عازل طوله ٤٠ خطوة . وقام بهذه التجربة مع زملائه

في فناء البيت وكانت اصواتهم مسموعة جيدا .

يجب أن نبين للأطفال بأن الصوت ينتقل ليس فقط بواسطة الخيط

وانما عن طريق الحاجيات الاخرى أيضا . إذا كنا نسبح في النهر ونغفلس

حتى تصبح آذاننا تحت مستوى سطح الماء ، فإننا نتمكن من سماع

الصوت الحاصل عن حركة الناس القريبين منا او صوت دوى مكنة القارب

البخارى وغير ذلك .

وينتقل الصوت جيدا بواسطة المعادن ايضا . وللتأكد من

ذلك يكفينا أن نطرق أنبوب الحنفية الموجودة في شقتنا ، فنرى أن الصوت

يسمع جيدا في الشقة المجاورة ، حيث يمتد هذا الأنبوب . لذا فلا داعي

لعمل ذلك عمدا ، إذ أن الصوت سوف يسمع ليس فقط في الشقة التي

ترغب أن يصل إليها ، بل وفي الشقق المجاورة الأخرى أيضا .

وثمة تجربة لطيفة شرحتها لنا بنت صغيرة في رسالة بعثتها إلينا .

رمت أم هذه البنت حجارة في حوض للاستحمام مملوء بالماء .

أما هي فوضعت أذنها على جدار الحوض فكانت تسمع كيف تصطدم



## كيف نكبر الصوت ؟

ذات مرة ابتدع ليونيا لعبة جديدة ، هي المشط بذاته . نتل إحدى أسنانه فتراها تصاصى . غير أن هذه الصأصة خافتة . أخذ ليونيا المشط وقربه من أذنه ، فأصبحت الصأصة تسمع جيدا . إلا أنه توجد هناك صعوبة : ليونيا يسمع هذه الصأصة جيدا ، في حين أن ايريشكا التى تجلس وراء الطاولة وترسم ، لا تسمعها البتة . فقرب المشط من جبهته وكان هذه المرة أيضا يسمع الصأصة جيدا لوحده . وأخيرا حزر بأنه يجب تقريب المشط من الطاولة ، فقربه منها ونتل إحدى أسنانه ، فإذا به يصاصى عاليا . حولت ايريشكا نظرها عن الرسم وصارت تراقب ما يفعله ليونيا . بدأ ليونيا يقرب المشط إلى كل ما يقع تحت بصره : إلى الشباك ، والبواب ، والبيانو ، . . . وكل مرة عندما يقرب المشط من حاجة صلبة ، كان المشط يصاصى اعلى ، وعندما يبعده ، كانت الصأصة أوطأ .

اهتمت تانيا أيضا بهذا الاكتشاف . فأخذت قطعة من الورق ولقنتها على شكل بوق وقالت لليونا :

— قرب المشط من البوق .

فقربه ليونيا ونتل إحدى أسنانه ، فإذا به يصاصى عاليا . صاح الكل :



الموجات الدائرية المنتشرة بجدار الحوض . وهذا مثال واضح يبين لنا كيف تنتشر الموجات الصوتية وتصل إلى آذاننا .

عندما نشرح هذه التجربة للطفل من الضروري أن نبين له بأنه يسمع صوت الحجر الساقط فى هذه الحالة مرتين . ففي البداية يسمع الصوت الذى تنقله إليه الموجات الصوتية ، التى تكون فى الماء ، كما هى عليه فى الهواء ، غير مرئية وتنتشر بسرعة عالية . ومن ثم يرى موجات عادية تنتشر على سطح الماء بشكل دوائر تحيط بموقع سقوط الحجر . وأخيرا تصل هذه الموجات إلى جدار الحوض فيسمعها هو . ومن الضروري أن نشرح للطفل بأن الموجات الصوتية لا يمكن رؤيتها لا فى الماء ولا فى الهواء ، أما تجربة الموجات على سطح الماء فإنكم قمتم بها حتى يفهم هو جيدا ، كيف ينتشر الصوت فى كافة الاتجاهات سواء كان ذلك فى الماء أو الهواء أو أية مادة أخرى .



— عظيم !

قالت تانيا سائلة :

— لماذا تصبح الصاصاة عالية عندما نقرب البوق من المشط ؟



لم يتمكن الصغيران من تفسير ذلك ، فأخذت هي تشرح لهم قائلة :

— عندما تبدأ سن المشط بالاهتزاز ، فإنها تحرك الهواء المحيط بها أيضا . غير أن السن صغيرة ، وهذا يعنى أنها تحرك هواء قليلا ، فلذلك يكون الصوت الذى تصدره غير عال . وهنا قالت ايريشكا :

— عندما قربنا المشط من البوق ونتلنا إحدى أسنانه ، أخذ البوق يهتز أيضا . وبما أنه كبير ويحرك كمية من الهواء أكبر ، فإن الصوت الذى يحصل يكون أعلى . قال ليونيا سائلا :

— إذن والطاولة تهتز أيضا ، عندما نقرب المشط منها ؟ فرجته تانيا قائلة :

— ضع أصبعك على الطاولة . وضع ليونيا أصبعه على الطاولة ، فأخذت تانيا المشط وقربته من الطاولة إلى جانب أصبع ليونيا ، وتلّت إحدى أسنان المشط وسألت :

— ماذا ؟ هل الطاولة تهتز أم لا ؟

فأجاب ليونيا مندهشا :

— أجل ، إنها تتحرك قليلا .

وأسرعت ايريشكا بالطبع لتفسر ذلك قائلة :

— مع أن الطاولة تحركت قليلا بسبب المشط ، فهي لكبر حجمها حركت كمية من الهواء أكبر بكثير من الكمية التى تحركها سن المشط ، ولذا فالصوت الحاصل يكون أعلى .

وبعد أن فهم الكل السبب الذى يجعل الصوت يكون عاليا ، أخذوا عصا ودقوا فى كل طرف من طرفيها مسمارا واحدا ، ثم



شدوا بين المسمارين سلكا معدنيا وربطوا عند الطرف الأسفل للعصا بوقا من الورق . وجاءت تانيا بقوس الكمان وأعطته لايريشكا ، ثم قالت :  
— ها قد حصلنا على فيولونشيل رائع !

جلست تانيا أمام البيانو ، وأخذت ايريشكا قوس الكمان بإحدى يديها وضغطت بأصابع يدها الأخرى على الوتر—السلك المعدني ، أما ليويا فكان يمسك بالبوق حتى لا يقع على الأرض . بدأ الجميع يعزفون معزوفة معروفة .

انبعث الصوت من آلة الفيولونشيل التي صنعوها وكأنه زمجرة دب جائع أيقظوه من سباته الشتوى الطويل . آلة الفيولونشيل تزمجر ، وكل شيء على ما يرام—فصوتها عال ومضحك !

لكي نصنع آلة الفيولونشيل ، الأفضل أن نأخذ عصا طويلة ذات مقطع دائري أو مستطيل . ويجب أن يكون سمك هذه العصا كافيا لكي يتمكن الطفل ، دون أن يبذل أى جهد يذكر ، من احتوائها بأصابع يده ، كما يحتوى عازف القيثارة دستانها بأصابعه . ومن الضروري أن ندق مسمارا صغيرا في الطرف العلوى للعصا ونربط فيه سلكا من الفولاذ يتراوح قطره بين ٠,٥—١ مم . ولهذا الغرض الأفضل أن نأخذ وتر الباص (يجب أن يكون مفتولا) . وفي الطرف الأسفل من العصا ندق مسمارا آخر ونربط فيه الطرف الثانى من السلك بعد أن نشده . وفي نفس الوقت الذى نقوم فيه بشد السلك نحركه بأصابع يدينا حتى نحصل على صوت واطئ ذى نغمة ناعمة . وبعد ان نشد الوتر نثبت بوقا ورقيا بواسطة دبوس ، على مسافة لا تزيد عن خمسة مليمترات من المسمار الثانى ، وأحسن المواد التى يمكن استعمالها لهذا الغرض ورق الرسومات الهندسية أو الكرتون . ومن الأفضل أن نعمل بوقا كبيرا من ورقة كاملة . أما الطرف الواسع للبوق فيجب ربطه في الطرف الأعلى من العصا . ويمكن العزف على آلة الفيولونشيل هذه إما بواسطة قوس الكمان أو الكشيتان . ولكي لا يمس الوتر العصا ، عند

العزف عليه ، من الضروري أن نضع بالقرب من كل مسمار عود ثقاب واحدا ، أو نلبس على العصا بالقرب من كل مسمار حلقة نصنعها من سلك سميك . وإذا وجدت عندكم فى البيت آلة موسيقية كالبيانو أو القيثارة أو الأكورديون أو غيرها من الآلات الموسيقية الأخرى ، فحاولوا أن تعزفوا على آلة الفيولونشيل بمرافقة عازف آخر على إحدى هذه الآت .

ويمكن أن نعمل مع الأولاد سوية عدة «آلات» موسيقية أخرى . ضعوا على الطاولة عدة كؤوس أو أقداح (ما بين سبعة وعشرة) ومن الأفضل ألا تكون مضلعة وإنما ملساء . صبوا فيها ماء بكميات مختلفة . عندما تصبوا الماء فى القدح دقوا على حافته من حين لآخر بواسطة قلم الرصاص . فى هذه الحالة سنشعر بأنه كلما نملأ الأقداح بالماء أكثر يصبح الصوت المنبعث أوطأ ولا بد من أن نهتم بالا تتكون فقاعات الهواء على جدران الاقداح ، ذلك لأن هذه الفقاعات تجعل الصوت خافتا وضئيلا . ويمكن بكل سهولة إزالة هذه الفقاعات بتمرير الأصبع على جدار القدح . وكبلا تتكون هذه الفقاعات نصب فى الأقداح ماء مغليا ودافئا .

باستعمال آلة البيانو أو الاكورديون او سنطور صغير خاص بالأطفال أو بالاعتماد على السمع وحده رتبوا دوزنة الأقداح حسب السلم الموسيقى ، مثلا دو ماجور ، ومن ثم جربوا عزف شيء ما على مثل هذه «الآلة» الغريبة . ويمكن أن نصنع سنطورا لا بأس به من عيدان الصنوبر اليابسة . ولأجل أن يكون طنين هذه العيدان جيدا ، يجب أن نضعها على قطعتين من الكرتون مستطيتي الشكل ومثنيتين . ترتب العيدان كما يلي : إذا كان يراد من الصوت أن يكون عاليا فيجب فى هذه الحالة تقصير العود بقصه من نهايته ، وإذا كان يراد منه أن يكون منخفضا ، فيجب جعل العود



رفيعا عند منتصفه . ويعزف على هذا السنطور (الزيلوفون) بواسطة مطرقة خشبية مثبتة على عصا رفيعة . ويجب أن لا تكون الضربة قوية وإنما خاطفه ، حتى يتسنى للمطرقة أن ترتد إلى أعلى .

ويمكن بواسطة مسامير القلاووظ (البراغي) ربط قطعتين سميكتين من المعدن أو البلاستيك أو التيكستوليت (بسمك ٤ — ٥ مم) وحصر مساطر خشبية مدرسية بينهما . وبعد دوزنة هذه المساطر بمساعدة آلة البيانو نحصل على «كثروباص» فريد في نوعه . ولا بد من وضع آلة «الكثروباص» هذه على الطاولة التي ستكون في هذه الحالة بمثابة مرنان مضخم للصوت .

### ما حاجة الأرنب الى الأذنين الطويلتين ؟

عندما كان الأولاد يتنزهون في الغابة رأوا صبيا واقفا ، في يديه بوقان من الورق يضمهما إلى أذنيه ويسمع شيئا ما . فطلبوا منه هذين البوقين وأخذوا يستمعون إلى أصوات الغابة . كان النهار مشمساً والطيور تغرد والنحل والبعوض تطنطن — فما أجمل ذلك . وكان نباح الكلاب يتهدى من القرية



البعيدة . وسمعوا خوار البقرة كذلك . إن الضوضاء والأصوات الرنانة تسود الغابة . فيمكننا سماع نقيق الضفادع في المستنقعات ، ودوى مكنة الجرار من بعيد . وحالما نبعد البوقين عن أذنيننا ، يحل الهدوء ، وكأنك فقدت سمعك وليس هناك سوى عصفور واحد يحوم فوق رأسك مشقشقا .





أعجب الاولاد كثيرا ، بهذين البوقين فقاموا أيضا بعمل آخرين مثلهما من قطعتي كرتون كبيرتين . ولكيلا يتغضنا ويدعكا أخطاوا طوقا من البلاستيك في نهاية كل منهما .

جاء ليونيا وإيريشكا إلى الغابة ثانية . ضمت إيريشكا البوق إلى أذنها ، أما ليونيا فأخذ بوقه وانطلق راكضا إلى الناحية الثانية من الفسحة الواسعة وتوقف بعد زهاء ٣٠٠ خطوة . قرب البوق من شفثيه وصاح عاليا :

— إيريشكا !!! ! !

فقفزت هي تاركة بوقها جانبا ، فقد خيل إليها أن ليونيا صاح في أذنها مباشرة . فأخذت بوقها وصارت تقول همسا :

— تكلم بهدوء يا ليونيا .

كان ليونيا يسمع إيريشكا وكأنها تهمس في أذنه مباشرة . لذا أدرك بأنه لا يجوز الصياح في مثل هذا البوق ، وصار يجيب إيريشكا بصوت هادئ :

— حسنا يا إيريشكا .

كانت هي على وشك أن تقول له شيئا ، إلا أن فرقة دوت في السماء آنذاك ومنعتها من الكلام . وكان واضحا تماما ومن غير البوق ، أن ذاك هو الرعد . فتطلعا إلى السماء وإذا بسحابة هائلة بدأت تحجب الشمس .

صاحت تانيا وقد اختبأت مع إيريشكا تحت الشجرة :

— أسرع إلى هنا يا ليونيا !



وما أن جاء ليونيا راكضا ، حتى انهزم وابل مفرغ من المطر كأفواه القرب . كان ليونيا شديد العطش فلم يتمالك نفسه ، ووقف تحت المطر فاغرا فاه ، ليتلقف قطرات انماء الساقطة ويروى ظمأه . ضحكت تانيا واخرجت قدحها السفري فوضعتة على العشب .

بالطبع قطرات المطر التي تقع في القدح أكثر مما يقع في القم المفتوح ، ومع ذلك فهي قليلة جدا وسيمتلئ القدح ببطء .

وهنا حزرت إيريشكا ما يجب أن يفعلوه . فأخذت بوقها الكبير وأمسكته كالقمع بحيث كانت فوهته الكبيرة إلى أعلى وفوهته الصغيرة فوق القدح . وتساقطت في فوهة البوق الكبيرة مباشرة كمية كبيرة من قطرات المطر ، وجميعها تجرى إلى الفوهة الصغيرة . الماء يجرى بسرعة من البوق إلى القدح وكأنه يسيل من الحنفية . ارتوى ليونيا جيدا . أما تانيا فقالت :

— أنت شاطرة يا إيريشكا ! إذن من منكما يعرف لماذا يسمع الصوت بواسطة البوق أحسن ؟

أجابت إيريشكا قائلة :

— إحدى نهايتي البوق واسعة ، يقع فيها الكثير من الصوت ، ويجمع كله في الأذن ، كما يحدث ذلك في القمع .

قال ليونيا سائلا :

— ألا يعنى هذا أن أذني الأرنب هما بوقان أيضا ؟

ردت عليه إيريشكا مسرورة :

— أجل انت على حق .

وحينما كانا يتجاذبون أطراف الحديث انتهى المطر .



## كيف يمكنك رؤية صوتك ؟

ذات مرة اقتحم ليونيا البيت صائحا :

— انظروا ما أعطاني عمال البناء ! — كان يحمل بضع قطع من الزجاج مستطيلة الشكل وقد لفت بقطعة من الورق حتى لا يجرح يديه . وضع ليونيا قطع الزجاج على الطاولة ، فاجتمع الكل وأخذوا يفكرون ماذا يمكن عمله من هذه القطع الزجاجية . وفجأة قالت تانيا :

— يبدو لي أني أعرف . هاتني يا ليونيا بعلبة صفيح ومفتاح لها ، أما أنت يا إيريشكا فآتني بورقة وصمغ .

جاء ليونيا بعلبة صفيح من غير غطاء . وقصت تانيا قاعدتها بواسطة المفتاح . فحصل أنبوب من الصفيح واسع وقصير . بعد ذلك قصت تانيا قرصا من الورق الخفيف ولصقته مكان القاعدة ، وبعد أن جف الصمغ رشّت القرص الورقي بالماء . ثم عملت بواسطة مسمار ثقيبين في جدار العلبة وادخلت فيهما سلكا سميكا بهذا الشكل :

«П» . وفي أثناء ذلك جفت القاعدة الورقية التي كانت قد رشّت بالماء وأصبحت مشدودة كالطبل . نقطت تانيا قطرة من الصمغ على منتصف القرص الورقي ووضعت على هذه القطرة بسرعة شريطا رفيعا من الصفيح ، ذا نهاية مدببة ، كأنه إبرة معقوفة النهاية ، وتركته يجف . وفيما كان الشريط يجف أشعلت



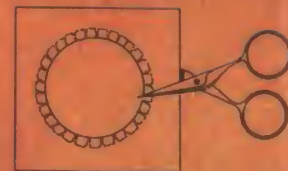
من الأفضل القيام بالتجارب على البوق خارج المدينة في الغابة أو الحقل . ولكي لا يتغضن البوق يجب أن نثبت في فوهته العريضة طوقا مثل الأطواق التي يستعملها الجمبازيون . وإذا جعلنا المسافة بين البوقين في الغابة أو الحقل ١٥٠ — ٢٠٠ م ، يمكننا التحدث بواسطتهما همسا . ولا داعي لتذكيركم كيف يستفيد الأولاد من هذه الأبواق (أو الأصغر منها) في ألعابهم ، كلعبة «رجال التحرى وقطاع الطرق» مثلا .

إذا كان عندكم أنبوب من المطاط فخذوا قطعتين منه ولبسوا إحدى نهايتي كل قطعة على الفوهة الصغيرة للبوق ومن ثم لفوا مكان التلبس بشريط لزق ، أما النهايتان الأخريان للأنبوبين فنضعهما في أذنينا . بواسطة مثل هذه الوسائل البسيطة الصنع يمكن سماع الأصوات البعيدة بوضوح كبير .





ثانياً شمعة وأخذت تمرير القطعة  
الرجاجية فوق لهب الشمعة . وسرعان  
ما اسودت من جراء السخام .  
أخذت ثانياً هذه القطعة الرجاجية  
ووضعتها على الطاولة بحيث كانت





الصفحة الملطخة بالسخام إلى أعلى ،  
ومن ثم وضعت علبة الصفيح بشكل  
تكون فيه النهاية المدببة للإبرة الشريطية  
المصنوعة من الصفيح ملاصقة لسطح  
الزجاجة الملطخ بالسخام .

قال ليونيا سائلا وهو يتفحص  
هذه المكنة الغريبة :  
— وما هذا ؟

فردت عليه تانيا :

— كل ما في الأمر ، هو أني

سأدفع بسلسلة قطعة الزجاج جانبا ، أما أنت فصاح عاليا . لنستعد إذن .  
سحبت تانيا القطعة الزجاجية بسرعة ، أما ليونيا فصاح عاليا :

— تا— ز— يا !

تناولت تانيا القطعة الزجاجية وأخذت تنظر من خلال الضوء . كانت  
النهاية المدببة للإبرة قد رسمت على الوجه المسخّم من القطعة الزجاجية خطا  
شفافا . كان الخط في البداية مستقيما وبعد ذلك ، ابتداء من منتصفه ،  
أصبح متعرجا .

قالت تانيا :

— عندما كان ليونيا صامتا ، كان الخط مستقيما ، وما أن بدأ بالصياح  
حتى صار الخط متموجا . ما سبب ذلك ؟

أجابت إيريشكا قائلة :

— إنني أعرف لماذا . عندما صاح ليونيا ارتعشت الورقة وارتعشت  
الإبرة المصنوعة من الصفيح ، ولذا صار الخط متعرجا .



أخذ ليونيا قطعة الزجاج وتفحصها أيضا . وبعد ذلك قال سائلا :  
— هذا رسم صوتي ؟

ردت عليه تانيا ضاحكة :

— أجل هو كذلك !

فقال ليونيا : — تعالوا لنرسم صوتيكما أيضا .

ردت عليه تانيا وإيريشكا متفقتين معه بالرأى : — طيب .

وضعوا قطعة الزجاج على الطاولة ، وجعلوا النهاية المدببة للإبرة المصنوعة  
من الصفيح تلامس الجهة الملطخة بالسخام لقطعة الزجاج . سحبت تانيا  
هذه القطعة الزجاجية أما إيريشكا فصاحت :

— ل . . . يو . . . نيا !

قال ليونيا وإيريشكا :

الآن حان وقتك يا تانيا .

فاقتربت هي من العلبة واستعدت لتفعل ذلك . بدأت إيريشكا بسحب  
قطعة الزجاج . أما تانيا فصاحت :

— اي . . . ري . . . شكا !

راجع رسم قطعة الزجاج الملطخة بالسخام . هل ترى هناك ثلاثة  
خطوط متعرجة ؟ إنها تختلف عن بعضها ، لأنه على الناحية اليسرى سجل  
«تانيا» ، وفي الوسط — «ليونيا» ، وعلى الناحية اليمنى — «إيريشكا» . تفحص  
الرسومات الموجودة في الكتاب جيدا ، وعد قراءة هذه القصة من جديد ومن  
ثم حاول تسجيل صوتك بنفسك على قطعة زجاج مسخّمة مستخدما بذلك  
الآلة صفيح بعد ان تصنع لها قاعدة ورقية مشلودة وإبرة من الصفيح .



## لماذا تغني الأسطوانة ؟

أرادت ايريشكا مرة أن تصغى إلى بعض الأسطوانات ، إلا أن جهاز  
الحاكي قد تعطل . فزمت شفيتها منزعجة . وفيما هي كذلك قالت تانيا :  
— تفحصي الأسطوانة بواسطة العدسة المكبرة .  
أخذت ايريشكا الأسطوانة وبدأت تتفحصها بواسطة العدسة .  
قالت تانيا سائلة :  
— هل ترين أخاديد صغيرة ؟



إن تحضير جهاز تسجيل الصوت على قطعة زجاج مسخمة أمر  
ليس بالسهل ، غير أن ما ستحصلون عليه سيعوض عن كل متاعبكم .  
إن التركيب العام لجهاز التسجيل هذا مفهوم من الرسم . والطلاقة  
التي استعملت مصنوعة من الورق ويمكن لصقها على العلبة المعدنية بواسطة الصمغ .  
وبدل العلبة المعدنية يمكن أن نأخذ علبة من الكرتون (أسطوانية الشكل)  
أو نعملها من الكرتون أو الورق السميك . أما الإبرة ، بالأصح الشريط  
الرفيع من الصفيح ، فتلصق على الطبلية الورقية بالصمغ وقطع صغيرة إضافية  
من الورق . من الضروري أن تكون الطبلية مشدودة جيدا ، قبل أن تلصق  
عليها الإبرة ، ولهذا الغرض يجب أن ترش بالماء وتترك حتى تجف .  
ولكي تتمكن الإبرة من نقل تذبذب الطبلية جيدا ، يجب إعطاؤها  
شكلا كما هو موضح في الرسم . وحتى تكون عملية التسجيل موفقة ،  
يجب أن يكون ضغط الإبرة على الطبلية قليلا قدر الإمكان . وللتوصل  
إلى هذه النتيجة من الضروري موازنة العلبة بواسطة الطين الاصطناعي بلصقه  
على الجانب الآخر منها .

وبما أن تسجيل الصوت يتطلب صياحا عاليا نسبيا ، فإن ارتفاع  
النغمة سيكون عاليا أيضا . لنفترض على وجه التقريب أن التردد يساوي  
٦٠٠ ذبذبة في الثانية . وهذا يعني أننا لو حركنا القطعة الزجاجية بسرعة  
٦٠٠ مم/ثانية ، فإن طول الذبذبة الواحدة عند التسجيل سيساوي مليمترا  
واحدا . وبالرغم من أن الـ ٦٠٠ مم/ثانية هي سرعة غير كبيرة ، فإنه لا  
يسعنا بالطبع أن نسجل على ممر واحد ، سوى «صيحة» قصيرة . فإذا  
كان عندكم جهاز جراموفون (حاك) (بسماعة أو بدونها) يمكن أن نعمل  
ما يلي : ضع إبرة الحاكي على الأخدود الأخير غير الحلزوني للأسطوانة ومن  
ثم اصرخ عاليا في بوق جهاز الجراموفون أو في الفتحة العريضة الموجودة  
على الوجه الأعلى من صندوق جهاز الجراموفون ، إن كان هو من غير بوق ،  
وحالما تفعل ذلك ستسمع صا أصا ضعيفة ما هي إلا تسجيل لصوتك على  
الأسطوانة . ناقش مع طفلك كيف حصل هذا التسجيل .



— نعم .  
— ما شكلها ، هل هي مستقيمة أم متعرجة ؟

— متعرجة .

— والإبرة ، هل تدب على الأخاديد المتعرجة بسلاسة أم إنها تهتز ؟  
— في أغلب الظن تهتز .

— إذا كانت تهتز ، فهذا يعنى أنها . . .

— تصاصى . . . قالت ايريشكا ذلك والابتسامة ترسم على وجهها .  
تناولت تانيا بوقا ورقيا وغرزت في طرفه الرفيع إبرة للخياطة ، ومن ثم أدخلت قلم رصاص في ثقب الأسطوانة وقالت :

— سادور الأسطوانة ، أما أنت فامسكى بالبوق .

شرعت تانيا بتدوير القلم ومعه أخذت الأسطوانة تدور . تناولت ايريشكا البوق الورقي ووضعت الإبرة المغروزة فيه على الأسطوانة ، فإذا بها تغنى أغنية معروفة : « اين كنت يا عصفور ؟ أين بنيت عشك ؟ . . . » .

إنه لمن الصعب جدا في هذه الحالة تدوير الأسطوانة بسرعة منتظمة ، فهي تدور مرة بسرعة ومرة ببطء ، ولذا فالأغنية تنطلق بصوت مضحك ، تارة بصوت عال كالعندليب وتارة بصوت جهير كالدب . وما أن سمعت ايريشكا هذه الأصوات المضحكة حتى بدأت تقهقه وقد تحسن مزاجها في الحال .

قم بإجراء هذه التجربة بواسطة الأسطوانة والقلم والبوق والإبرة . وحاول تدوير الأسطوانة بسرعات مختلفة . لماذا يحصل الصوت مرة عاليا ومرة واطنا ؟

إن التجربة بواسطة تدوير الأسطوانة في غاية البساطة . والمهم ألا تنسى أنه يمكن بمثل هذه الطريقة ومن غير ضرر ، أن نستمع إلى الأسطوانات الاعتيادية غير الكبيرة . أما الأسطوانات الكبيرة فهي تتلف بسرعة عند استعمال الإبرة أو الدبوس . زد على ذلك أن عرض الأخاديد على مثل هذه الأسطوانات يكون قليلا ، ولذا فإن طرف إبرة الخياطة يستقر على أخدودين في وقت واحد . ولكي يتحرك البوق بسهولة وطلاقة مع الإبرة التي تجرى في الدرب الصوتي لا بد من مسكه عاليا من نهاية طرفه الآخر . وإذا كنا ندور الأسطوانة على قلم الرصاص فمن الصعب جدا التوصل إلى دوران منتظم ولذا تتداخل الاصوات . ويمكن إجراء نفس هذه التجربة بتدوير الأسطوانة على جهاز الجراموفون ، أما الصوت فنسمعه كالسابق بواسطة البوق والإبرة .

## الصدى

في أحد الأيام المشمسة الحارة كانت ايريشكا تلعب لعبة الحبل ، أما ليونيا فكان ينظر إليها . واصلت هي اللعب حتى أخطأت ، والسبب في أغلب الظن هو حرارة الجو .

فردد ليونيا صائحا :

— أخطأت ، أخطأت !

كان يعز على ايريشكا أن تسمع ذلك ، فقالت :

— فلنذهب لأريك شيئا . .



فصاح ليونيا ، كما فعلت ايريشكا ، بصوت عال وقصير :  
— آه ! ! !

— ماذا تفعلان هنا ؟ لماذا تصيحان ؟  
التفتا فرأيا العم ميشا ، ذلك الرجل المسن ذا اللحية الكثة العريضة ،  
كما في قديم الزمان . كان يعرف في فناء البيت بولعه الشديد في صيد الأسماك .  
وكان ذا صوت غاضب ، إلا أن وجهه ترتسم عليه أمارات الطيبة والرفق .  
فرد ليونيا على العم ميشا :  
— الصدى هناك يصبح ، وليس نحن .  
صاح العم ميشا : آآآ ! ! ! فإذا بصوته يعود ضعيفا من فوق :  
— آه !

فقال موجها كلامه إلى ليونيا وايريشكا :  
— أي صدى هذا ؟ استأذنا من تانيا وتعالا معي لاصطياد السمك .  
فهناك سأريكما الصدى الحقيقي !  
سمحت تانيا للصغيرين ليس على الفور طبعاً . . .  
كان الجو قرب النهر أبرد من المدينة ، لذا ازدادوا مرحاً . وكان العم  
ميشا قد رتب صنانيبه واستعد ليغفو قليلاً ، مثله في ذلك ، مثل كافة صيادي  
السمك .

قال ليونيا سائلاً : — أين العجوز إذن ؟ فارتعش العم ميشا وقال :  
— أي عجوز ؟ — ذاك العجوز . . . الصدى . قال العم متذكراً :  
— آه . . . الصدى . وصاح :  
— آه ! ! ! ولكن أحدا لم يرد عليه ، مهما أنصتا وأصغيا . وما  
أن همّ ليونيا ليسأله عن الصدى العجوز ثانية ، حتى جاء الجواب من بعيد

ركض الاثنان من تحت طاق  
منزلهما . وصلا راكضين إلى المكان  
المطلوب فتوقفا . استعدت ايريشكا  
أولاً ثم صاحت :  
— آه ! ! !  
وإذا بأحد ما يرد عليها من  
فوق بنفس صوتها ولكن بمستوى أوطأ :  
— آه ! ! !  
فسأل ليونيا :  
— من الذى يصبح هناك ؟  
أجابته ايريشكا :  
— إنه الصدى .





بصوت العم ميسا :  
— آه !

قال ليونيا مستفسرا : — وما هذا ؟  
فردت عليه ايريشكا : — يا لك من جاهل .  
وتناولت حجرا صغيرا ورمته في النهر فأخذ الماء يتموج على شكل حلقات  
تنبثق من مكان وقوع الحجر . زحفت هذه الموجات إلى الشاطئ وراحت  
تصطدم به وتعود في الاتجاه المعاكس .

لعلك حزرت ، بأن الموجات في  
الماء والصوت في الهواء يشبهان بعضهما  
البعض لحد ما .



وكان قد فهم ذلك ليونيا أيضا ، إذ قال :  
— عندما أصبح أنا يبدأ الهواء بالتذبذب . وهذا التذبذب يتسرب  
إلى كافة الجهات حيث يصل إلى الشاطئ فيصطدم ويعود مرتدا إلى أذني  
مباشرة .

قال العم ميسا : — هذا صحيح يا ليونيا ، ولا علاقة للعجوز به !  
— فيما يخص العجوز كنت أمزح لأنني لم أكن أعرف حقيقة الأمر .

لا بد من أن نلفت انتباه الصغار إلى أن الصدى ما هو إلا صوت  
منعكس ، فهو لا يسمع مباشرة وإنما بعد مرور قليل من  
الوقت . ذلك لأن الصوت لا ينتشر في الهواء بصورة فورية وإنما بسرعة تبلغ  
٣٤٠ مترا في الثانية . وللمقارنة نقول إن طيارات الركاب النفاثة تطير بسرعة  
تقل عن سرعة الصوت بمرتين ، أما الطيارات النفاثة الحربية فأسرع منه .  
وهناك حقيقة مثيرة أخرى : نحن نعرف ان الرعد هو صوت ينشأ عن





التفريغ الكهربائي الذي يسمى بالصاعقة . فلم إذن يكون برق الصاعقة من الناحية العملية فوراً ، بينما يسمع دوى الرعد لفترة طويلة ولأكثر من مرة وليس سوية مع الصاعقة ؟ إن تأخر الرعد يفسر بأن سرعة الصوت أقل من سرعة الضوء بمليون مرة فمن الناحية العملية نرى الضوء مع التفريغ الكهربائي في آن واحد (سرعة الضوء تساوى ٣٠٠.٠٠٠ كيلومتر في الثانية) ، في حين يحتاج الصوت لعدة ثوان حتى يصل إلينا . إذا بدأنا بحساب الثواني مباشرة بعد وميض الصاعقة وضربنا الوقت من لحظة وميض الصاعقة حتى أول دوى للرعد في سرعة الصوت نحصل على المسافة بيننا وبين مكان التفريغ . والآن أصبح من السهل علينا معرفة سبب تأخرنا في سماع دوى الرعد . فالصاعقة غالباً ما يكون طولها عدة كيلومترات . والصوت الصادر من أقسام الصاعقة الأقرب إلينا نسمعه قبل غيره . أما الصوت الصادر عن الأقسام الأبعد عنا من الصاعقة فإنه يصل إلى مسامعنا بعد بضع ثوان . وإضافة إلى ذلك نسمع على مدى وقت معين الصدى المنعكس عن السحب والأجسام الأرضية الضخمة (الجبال والغابات الكبيرة وما شاكل ذلك) .

وباستخدام خاصية الصوت في الانتشار بسرعة غير كبيرة لحد ما ، يمكن بواسطة الصدى تحديد المسافة بيننا وبين الأجسام التي يصعب علينا الوصول إليها . ولهذا الغرض من الضروري أن نصرخ عالياً صرخة قصيرة ونقيس الفترة الزمنية بين صياحنا وصداه . ولما كان الصوت قد قطع مسافة تساوى ضعف المسافة بيننا وبين الجسم المعنى ، فمن الضروري أن نقسم الزمن الذي استغرقه الصوت على اثنين ثم نضرب الناتج في سرعة الصوت . فعلى سبيل المثال لنفرض أنه مرت من لحظة صياحنا حتى سماعنا للصدى ثلاث ثوان . وبما أن المسافة التي يقطعها الصوت حتى الجسم المذكور أقصر من المسافة الكلية التي يقطعها بمرتين ، فيجب أن نقسم

٣ على ٢ فنحصل على ١,٥ ثانية . وبعد أن نضرب هذه الفترة الزمنية في سرعة الصوت (٣٤٠ متراً في الثانية) نجد أن المسافة بيننا وبين ذلك الجسم تساوى ٥١٠ أمتار .

وعلى هذا المبدأ يستند عمل مسابر الأعماق ، التي هي عبارة عن أجهزة لتحديد أعماق البحار بالتقاط الصدى . فمسابر الأعماق يصدر إشارة صوتية قوية وقصيرة ، ومن ثم يلتقط الصدى المنعكس عن قاع البحر . وتضرب سرعة الصوت في الماء في الفترة الزمنية من لحظة اصدار الإشارة الصوتية حتى عودة صداها إلى الجهاز ومن ثم يقسم الناتج على اثنين فتحدد بذلك المسافة إلى قاع البحر . إن عمق البحر يزيد أحياناً على ١٠ كيلومترات ، لذا يتعذر قياس مثل هذا العمق بواسطة المرجاس العادي الذي هو عبارة عن ثقل من الرصاص يربط بطرف جبل .





## أسئلة وتمارين

- ١ — لماذا يطن البعوض عندما يطير ويكف عن ذلك حالما يتوقف عن الطيران ؟
- ٢ — لأية من الحيوانات والطيور أصوات عالية (رفيعة) ، ولأية منها أصوات واطئة (غاضبة) ؟
- ٣ — لماذا يطن البعوض بصوت رفيع (عال) ، أما النحل الطنان والزناجير والنحل العادي فتصدر طيننا بصوت واطئ (جهير) ؟
- ٤ — ما هو صوتك (عال أم واطئ) ؟ وصوت بابا ؟ وصوت ماما ؟ وصوت جدتك ؟
- ٥ — كيف يكون السلك مشدودا (بقوة أم بارتخاء) ، إذا كان يصأصئ بصوت رفيع (عال) ؟ ومتى يصدر صوتا جهيرا (واطئا) ؟
- ٦ — إذا كانت عندك آلة السنطور ، فلاحظ ايا من رقائقها يعطى صوتا عاليا ، القصيرة أم الطويلة ؟
- ٧ — لماذا تصنع أكثرية الآلات الموسيقية النحاسية ، كالصور والنفير وسواهما على شكل أبواق ؟ أين رأيت مثل هذه الأبواق أيضا ؟
- ٨ — لم تعمل للكمان والفيولونشيل والعود والقيثار وغيرها من الآلات الموسيقية الوترية صناديق جميلة من الخشب المعاكس فيها فتحة ؟ جرب أولا أن تطرق بلطف على الطاولة أو على الحائط

ومن ثم على صندوق إحدى الآلات الموسيقية الوترية . مم ينبعث الصوت عاليا ؟

٩ — اعمل آلة «الفيولونشيل» من عصا وسلك معدني وبوق . جرب العزف عليها بعد أن تضغط الوتر على العصا بأصبعك ، وبعد ذلك أوضح لماذا يكون الصوت عاليا (رفيعا) إذا ضغطنا على الوتر في أسفله ، ويكون واطئا (غاضبا) إذا ضغطنا عليه في أعلاه ؟

١٠ — اعمل جهازا لتسجيل الصوت على قطعة زجاج أو مسطرة معدنية مسخمة . جرب أن تسجل صوتك ، ثم اشرح كيف يمكن تسجيل أصوات الناس والآلات الموسيقية على الأسطوانات .

١١ — قم بتجربة على الأسطوانة والقلم الرصاص والبوق والإبرة . حاول أن تدور الأسطوانة بسرعات مختلفة . متى يكون صوت الأسطوانة شبيها بصوت العنديل ومتى يكون شبيها بصوت الدب ؟ ما سبب ذلك ؟

١٢ — يمكن أن نجد في مواقع البناء أنابيب عريضة وطويلة مصنوعة من الخرسانة أو الحديد أو الفخار . وإذا جلسنا عند إحدى نهايتي أحد هذه الأنابيب وقلنا بعض الشيء همسا يكون الصوت عند النهاية الثانية عاليا ومسموعا بوضوح . ما سبب ذلك ؟

١٣ — في الغرفة الخالية تماما (مثلا عندما تنتقل إلى شقة جديدة أو نفرغها لنقوم بعمل ترميمات فيها) يكون الصدى مسموعا جيدا ، فلماذا ؟ عندما نقل الحاجيات إلى الغرفة ونعلق الستائر على الشبائيك ونفرش السجادات ونعلق بعضها على الحيطان نجد الصدى يبدأ بالتلاشي ومن ثم يختفي نهائيا ، فلماذا ؟



# الضوء

القع الضوئية المترافقة

حيل بواسطة المرايا

كيفية نقل البيض على

أشعة الشمس

آلة تصوير بدائية





## البقع الضوئية المتراقصة

في هذا الموسم الصيفي كان ليونيا وايريشكا يعيشان مع تانيا في بيت كبير من الخشب في القرية . فناء البيت تغطيه الأعشاب والحشائش العالية بحيث يستطيع ليونيا الاختباء فيها دون أن ينحني . وفي فناء البيت بضع سقائف ، أما في الركن البعيد من الفناء فتوجد زلافة كبيرة قديمة . وأكثر ما يثير انتباه أولاد المدن ، هي البئر . فعندما تشرع بتدوير المقبض الحديدي تبدأ الأسطوانة الخشبية بالدوران وتلتف عليها سلسلة حديدية (أو حبل) في



نهايتها دلو مملوء بالماء . نرفع هذا الدلو ونصب ماءه في دلو آخر ، ونفلت المقبض فيهبى الدلو في البئر . وفجأة نسمع صوت ارتطام الدلو بالماء ، ويعترف كمية منه ونعود ثانية لرفعه إلى أعلى بتدوير المقبض . للبئر سقيفة تحميها من الأوساخ . وفي هذه السقيفة ثقب . الشمس تشع على السقيفة ، فيقع ظلها على الحشائش والأعشاب ، أما الثقب الموجود فيها فتسلل من خلاله بقعة وضاءة . ننظر إلى هذه البقعة من بعيد ، فتبدو لنا وكأنها قطعة نقدية تتلألأ وسط الأعشاب . تطلعت ايريشكا إلى هذه «القطعة النقدية» فذكرت الحزورة التي كانت تعرفها عندما كانت صغيرة في كتاب للشاعر السوفييتي كورني تشوكوفسكي ، وقد نظمها من أجل طفلة اسمها ماشينكا :

فلس أصفر قرب البئر  
يلمع ، يومض ، لا يجرى  
— خذني إن كنت نبيها ،  
هل يمكن أن آخذه ، لا أدري  
كلا ، حتى لو جاء الأبطال  
ممن مهروا في رفع الأثقال  
ما كان بوسعهم  
زحزحة الفلس الأصفر

وفجأة تذكرت ايريشكا بأن جارتها ماشينكا مريضة . كل الأولاد يسرحون ويسرحون في فناء البيت ، أما ماشينكا فهي طريحة الفراش . بالطبع إنها تشعر بالملل والضجر . وهنا قالت ايريشكا :  
— ما أروع لو تمكنا من إيصال هذا «الفلس» إلى ماشينكا في غرفتها .  
فسأل ليونيا قائلاً :  
— كيف يمكنك رفعه ؟

سمعت تانيا هذا الحديث ، فتقدمت من ليونيا وايريشكا وأحضرت امرأة صغيرة ووضعتها تحت الشعاع المتسلل من الثقب . فانتقل «الفلس» من



العشب الى المرأة ، وانعكس عليها  
وانتقل مباشرة إلى البيت الذي تعيش  
فيه ماشينكا . غير أن مشكلة اعترضت  
طريقه مع الأسف . فشبك الغرفة  
التي تقيم فيها ماشينكا يكون من  
الناحية الثانية . وانهمك الأولاد في  
التفكير : ما العمل إذن ؟ وفجأة  
انطلقت ايريشكا في ركضة إلى بيتها



وعادت إلى الفناء بمرآة صغيرة كانت عندها . فوقفت بالقرب من ركن البيت ،  
والتقطت بمرآتها شعاع الشمس المنعكس على مرآة تانيا ووجهته نحو شبك غرفة  
ماشينكا . كان الشعاع يتوجه من عند ايريشكا نحو الشباك وهناك ينتظره  
ليونيا مع مرآته . فالتقط بمرآته الشعاع القادم من مرآة ايريشكا ووجهه الى  
داخل غرفة ماشينكا .

حلق عصفور عاليا ونظر إلى الأسفل فرأى الفناء والبئر وبالقرب منها  
تقف تانيا ويدها المرأة . وشعاع يمتد من مرآة تانيا عبر الفناء كله إلى ركن  
البيت حيث تلتقطه ايريشكا . ومن مرآة ايريشكا يتوجه الشعاع إلى ليونيا  
وهو يلتقطه ويوجهه الى الشباك .

طوال النهار كانت البقعة الضوئية تدب وتراقص على الحائط . وكانت  
ماشينكا تلهو بها في حين كان الأولاد جميعهم يقفون في فناء البيت ومراياهم  
في أيديهم . لا شك أنهم كانوا يستبدلون بعضهم بعضا عندما يتعبون ،  
ولم يتركوا المكان خاليا .

في اليوم التالي جاء الطبيب وفحص حنجرة ماشينكا فقال : « عفارم » ،  
ثم خرج إلى فناء البيت حيث كان الأولاد ينتظرونه ، وأضاف قائلا :  
المرح ودفء الشمس أنجع دواء .

انظر إلى الصورة  
حيث رسم الفناء كما  
رآه العصفور وتابع من  
جديد كيف كان الأولاد  
يرفعون «القلس» بواسطة  
مراياهم وينقلونه إلى  
ماشينكا في غرفتها .





## حيل بواسطة المرايا

نشبت حرب حامية الوطيس  
بين الهنود الحمر والبيض . كانت  
قبيلة صغيرة من الهنود الحمر ،  
رجالها محاربون ومهرة ، قد باغتت  
البيض وظهرت في لحظة لم يكن  
أحد يتوقع ظهورها فيها . اصطف



تجارب البقع الضوئية تستهوي الأولاد عادة . فيمكن إجراء تجارب  
مثيرة للغاية في الصباح المشمس عندما يكون الضباب غير الكثيف ما زال  
عالقا في الهواء . فمن السهل في هذا الضباب ملاحظة أشعة الضوء .  
وفي الحقيقة إننا نرى ليس أشعة الضوء نفسها ، بل دقائق الضباب العالقة  
في الهواء ، والمضاءة بأشعة الشمس . وبراينا أننا لن نخطئ كثيرا إذا  
تحدثنا عن أشعة الضوء التي نراها في الضباب . فعادة نرى شعاع الضوء  
في الضباب بوضوح ، إذا كان متجهنا نحونا . ولو أخذنا ، في صباح  
شمس وغير كثيف الضباب ، مرآة ووجهنا شعاع الضوء بواسطتها على  
طفل ، بحيث تكون البقعة الضوئية بالقرب من وجهه وليس في عينه  
مباشرة ، فإنه سيرى بوضوح كيف يمتد شعاع ساطع من المرآة إليه .  
وستكون هذه التجربة ممتعة جدا لو كان الضوء ينعكس ليس على مرآة  
وإنما على سطح الماء المتموج في النهر أو البحيرة . ففي هذه الحالة نرى  
أشعة الضوء الجميلة المنعكسة على سطح الماء والمتحركة في الهواء . لا بد  
من إجراء هذه التجربة عندما تكون أشعة الضوء المنعكسة متجهة نحونا  
وجها لوجه .

يمكن تنويع هذه التجارب لدرجة كبيرة إذا كان عندنا في  
البيت حوض أسماك وآلة لعرض الصور (فانوس سحري) . فبدلا من شريط الفيلم  
نضع في إطار الآلة ورقة سوداء نعمل في وسطها ثقباً يبلغ قطره ٣-٥  
مليمترات . وعندما نشغل هذه الآلة يمتد منها شعاع رفيع ساطع . وسنرى  
هذا الشعاع جيدا في حوض الأسماك الواقع مقابل هذه الآلة مباشرة .  
فالماء العكر في الحوض الزجاجي يلعب دور الضباب هنا . ولو وضعنا على  
طريق الشعاع الضوئي في الماء مرآة يتضح تماما كيف يغير الشعاع المنعكس  
على المرآة اتجاهه . بالطبع من الأحسن إجراء هذه التجارب ليلا في الظلام  
الدامس .





الأسود» العصا من «عين الصقر» وتناول مرآته وثبتها على التفرع الثاني في أسفلها . كانت المرأة العليا مرئية في هذه المرأة السفلى ، أما في المرأة العليا فكان يرى حارس البيض . لم يكن الهنود الحمر يعرفون بأنهم اخترعوا جهازا يسمى بالمتفانق أو البيرسكوب .

إن البيرسكوب جهاز يستخدم في الغواصات . فالغواصة تغوص في أعماق البحر ، بينما يلوح هذا الجهاز قليلا فوق سطح الماء . ينظر ربان الغواصة

الهنود الحمر في صف واحد وسلطوا وابلا من السهام على البيض ، عندما كان هؤلاء يلعبون لعبة النطة ولم يتوقعوا حدوث هجوم عليهم . وبعد لحظات ، عندما أفلح البيض في الاختباء وراء عرمة (حزمة) الحطب وفي عليه السقيفة وخلف الزلاقة القديمة الموجودة في الركن من الفناء وفتحوا النار من أسلحتهم أصبح الهنود الحمر في حيرة من أمرهم . أخذ البيض يراقبون المناطق المجاورة بانتباه كبير يتضاعف من يوم لآخر ، ووضعوا حراسا وخفراء في كل مكان . وحالما يظهر رأس عليه ريشة طويلة من وراء ركن البيت حتى تدوى العيارات النارية وترتفع صيحة : «اسقط !» . و«المصاب» يستجيب لهذا الأمر ، فتلك هي شروط اللعبة .

وفي أحد الأيام عندما كاد الهنود يواجهون هزيمة شنعاء وجد «عين الصقر» مخرجا من المأزق الذي وقعوا فيه . ولكي لا يصاب بعيار نارى أخرج من وراء ركن البيت ليس رأسه وإنما مرآة . بواسطتها تمكن الهنود الحمر من مراقبة كل تحركات البيض . انتظر الهنود الحمر اللحظة التي ضعف فيها انتباه الحراس البيض فأغاروا عليهم من الكمين وهم يصرخون بحماس . وفي يوم من الأيام عندما كان الهنود جاثمين خلف

سياج عال ، يخلو من الشقوق نهائيا ، تناول «عين الصقر» مرآته ورفعها فوق رأسه . غير أنه لم يتمكن من جعلها فوق حافة السياج . وليس عبثا أن يقال بأن الهنود الحمر دهاء مراوغون . جال «عين الصقر» ببصره فيما حوله فلحظ عصا متفرعة عند نهايتها . فثبت مرآته على التفرع الأعلى بواسطة الطين الاصطناعي ورفعها فوق السياج . كان يرى في المرأة أحد حراس البيض ، إلا أن الوقوف برأس مرفوع على الدوام غير مريح أبدا . طلب «الفهد





صاح «عين الصقر» :

— ارموه لبنات آوى !

— الخزى والعار للبيض !

— ليصنع لنا بيرسكوبا جديدا !

وسرعان ما فهم فاسكا بأنه لن يتخلص منهم بهذا الشكل ، فوعدهم بصنع بيرسكوب جديد صباح الغد . وفي الصباح عندما كانت تانيا فى طريقها لشراء اللبن رأت فاسكا حزينا ، ويده ثلاثة شرائط زجاجية مستطيلة لا يعرف ماذا يفعل بها . أخبر تانيا بقضيته وصارا يفكران معا للخروج من هذا المأزق . جمع فاسكا الشرائط الزجاجية فى شكل يشبه بيت بجمالون ، فحصل على أنبوب ثلاثى الأضلاع . نظر فى هذا الأنبوب وارتسمت على وجهه ابتسامة حزينة . نظرت تانيا فى هذا الأنبوب أيضا وسرت لما رآته ، ذلك لأن فاسكا كان قد اخترع لعبة جديدة ، تسمى صندوق الدنيا . وأخذ فاسكا وتانيا ينظران من خلال صندوق الدنيا هذا إلى البيت والزهور والفرشات وقطع الزجاج الملون . أنظروا إلى الرسم لتروا ما رآه فاسكا وتانيا فى صندوق الدنيا .

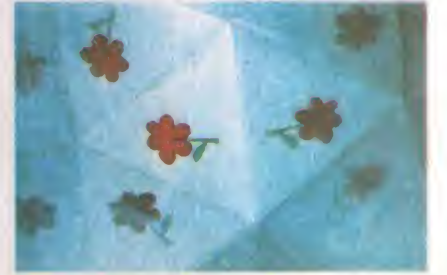
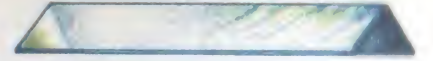
قالت تانيا لفاسكا :

— هل ترى أية لعبة مضحكة ابتدعت ! فكم سيسر الأولاد !

— ما العمل إذن بالنسبة للبيرسكوب ؟

ذهبت تانيا إلى السوق واشترت بيرسكوبين جديدين ، أحدهما للرجال البيض والآخر للهنود الحمر .

إلا أن القرية هذه المرة كانت خالية من الهنود الحمر والرجال البيض ، وليس فيها غير قطاع الطرق ورجال التحريات .



فى هذا الجهاز فىرى ما يجرى على سطح الماء فى البحر . إلا أن الهنود الحمر لم يستمروا على مراقبتهم للبيض بواسطة هذا الجهاز ، ذلك لأن أحد الرجال البيض ، وهو فاسكا ، قد لاحظ المرأة فوق السياج ، فأطل من خلف الشجيرة وصوب مرجمه نحو المرأة . وما أن رجمها حتى تهشمت وتناثر حطامها وكأنه شآبيب المطر . وفقدوا تلك المرأة ! كانت محاكمة فاسكا صارمة ! حاكمه الجميع ، الهنود الحمر والبيض سوية ، ذلك لأن المرأة حاجة نافعة أسف عليها الجميع .





يتضح من الرسم أنه ليس من الصعب فهم تركيب جهاز بيرسكوب  
وصندوق الدنيا وأجراء بعض التجارب بالمرايا .





## كيف نقل اليض على أشعة الشمس

جلست ايريشكا على الأريكة تقرأ كتابا :

— فى يوم من الأيام حاصر الرومان بسفنههم مدينة سيراكوسه الاغريقية .  
وعند ذاك دعا العالم ارخميدس أهالى المدينة للمجىء الى الشاطئ وأعطى  
كلا منهم مرآة وأمرهم بتوجيه البقع الضوئية للمرايا صوب إحدى السفن  
الرومانية . كان الضوء والحرارة من المرايا لدرجة من الكثرة ، بحيث اشتعلت  
النار فى هذه السفينة .

راقت قصة الأسطول الرومانى ومرايا ارخميدس للصغار فجلسوا على  
عتبة الباب وسلطوا البقع الضوئية من مراياهم على حزمة حطب . وبما أن  
الصغار كثيرون والبقع الضوئية والحرارة كثيرة أيضا ، بدأ الدخان يتصاعد من  
إحدى القطع الخشبية .



قالت ايريشكا :

— كفاكم لعبا ، والا ستحترق الأخشاب .

أجابها ليونيا :

— دعينا نحمصها قليلا .

سرعان ما التهب لسان من النار الجميلة فى طرف الخشبة .  
فر الأطفال كل فى اتجاه . وركضت ايريشكا وحدها لاستدعاء فريق  
الإطفاء . وسرعان ما انطلقت سيارة الإطفاء فى الشوارع . وصل فريق الإطفاء  
فى الوقت المناسب وأطفأوا النار .

سأل رئيس فريق الإطفاء :

— من الذى فعل ذلك ؟ أسألکم من الذى فعل ذلك ؟

أجابت ايريشكا نيابة عن الجميع :

— نحن .

صمت رئيس الفريق برهة ثم سأل :

— علبة الكبريت عند من ؟

قال ليونيا بسرعة :

— ما عندنا كبريت ، أشعلناها بطريقة ارخميدس .

سأل رئيس الفريق مندهشا :

— بواسطة المرايا ؟

— نعم .

— غير صحيح ! فمذ القدم ثبت أن هذا أسطورة . ارخميدس لم

يتمكن من إشعال النار فى الأسطول الرومانى بواسطة المرايا .

قال ليونيا مصرا :

— إلا أننا وفقنا فى ذلك ، وهذا يعنى أن ارخميدس وفق فى ذلك

أيضا .

خيم الهدوء . الكل ينتظرون بصمت ما سيقوله رئيس فريق الإطفاء .



فكر رئيس الفريق طويلا ثم قال :

— نؤجل التحرى إلى الغد ، فيجب التأكد من بعض الحقائق .  
فى صباح اليوم التالى كانت تانيا وايريشكا وليونيا يتزهون على شاطئ  
النهر . وفجأة لاحظوا رئيس فريق الإطفاء على الشاطئ نعسا وصنارته بيده .  
وقربه طبق غاية فى الكبر .

سأل ليونيا :

— ما حاجتك إلى هذا الطبق ؟

ارتعش رئيس الفريق وأفاق ، فرأى الثلاثة وقال :

— آه . . هؤلاء أنتم . . هل ترون ما فى داخل الطبق ؟

نظر ليونيا إلى داخل الطبق فرأى كثيرا من المرايا . قام رئيس الفريق  
ورفع الطبق وأداره بحيث أصبحت مراياه مواجهة للشمس وقال :

— أنظروا ، إن أشعة الشمس تقع على المرايا ، أما هى فتوجه هذه  
الأشعة فى مكان واحد . لو وضعنا الآن فى هذا المكان . .

فلم يتمالك ليونيا نفسه ، وقال :

— قطعة خشب !

نظر رئيس فريق الإطفاء إلى ليونيا نظرة صارمة وواصل كلامه :

— لو وضعنا فى هذا المكان مقلاة ، وكسرنا فيها عدة بيضات لحصلنا

بعد ربع ساعة على بيض مقلى .

نطق رئيس الفريق بهذه الكلمات ووضع المقلاة على منصب أعده  
من أسلاك غليظة وعدل المرايا ليوجه بقعها الضوئية إلى قاعدة المقلاة وصب  
الزيت فيها . استغرب الجميع حينما شاهدوا الزيت يفرقع فى المقلاة التى  
لم تكن تحتها لا نار ولا كهرباء . كسر رئيس الفريق بضع بيضات فى  
المقلاة الساخنة . وبعد دقيقتين ، وليس ربع ساعة كما وعدهم رئيس فريق  
الإطفاء ، أخذ ليونيا وايريشكا وتانيا ، يأكلون مع رئيس الفريق البيض المقلى  
الذى حضروه على أشعة الشمس .

إن تجربة إشعال النار فى القطعة الخشبية ، التى شرحناها فى  
بداية القصة ، لا يمكن من الناحية العملية إجراؤها لأنها تتطلب على  
أقل تقدير خمسين ولدا ، وإن توجيه خمسين بقعة ضوئية الى مكان واحد  
ومراقبتها أمر بالغ الصعوبة .

يمكن إجراء تجربة مع عدد من الصغار ، بتوجيه البقع الضوئية  
على راحة يد أحد منهم . وسيشعر فوراً بالحرارة على راحة يده من جراء  
هذه البقع الشمسية .

إن العاكسات التى يجرى تجميعها من المرايا المسطحة الصغيرة على  
سطوح مقعرة ، أو العاكسات المصنوعة من مرايا مقعرة بقطر كبير ، تستخدم  
بمثابة مطابخ شمسية فى البلدان التى تكون الأيام المشمسة فيها كثيرة . ويمكن  
استعمال مثل هذه المرايا أيضا للحم المعادن فى الفضاء الكونى .

يمكنكم تحضير مطبخ شمسي ، مع أن ذلك يتطلب جهودا  
معينة وحذاقة فى الاختراع . ويعمل مثل هذا المطبخ جيدا ، فعلى كل  
حال يمكن للبيضة خلال دقيقة أو دقيقتين أن تتقلى بل وتحترق ، والمهم  
أن نبين بأن هذا المطبخ يعمل بصورة أسرع إذا كانت المقلاة سوداء اللون ،  
ذلك لأن السطوح السوداء تمتص الحرارة أحسن من السطوح البيضاء .

وإذا لم يتيسر لكم إعداد مثل هذا المطبخ (ليس هناك ما يشير  
لدهشة ، لأننى قلت بأن إعدادة ليس بالأمر السهل) ، فيمكن تبسيط  
هذه التجربة بأن نرسم على الخشب رسوما بالحرق بواسطة مرايا مقعرة غير  
كبيرة (مكبرات) أو عدسات تكبير . يمكن عمل ذلك كما يلى : نرسم  
فى البداية بالقلم الرصاص خطوطا خفيفة على لوحة خشبية أو قطعة من  
الخشب المعاكس لنحصل على شكل ما ، وبعدها نحرق هذا الرسم جيدا  
بواسطة المرايا أو العدسات المكبرة ، فنحصل على شكل رسمته الشمس .



## آلة تصوير بدائية

— واحد ، اثنان . . . واحد ، اثنان . . .

أخذت ايريشكا تحسب وتشير بأصبعها إلى الصغار وهم يقفون على شكل دائرة منتظرين من الذى سيقع عليه الاختيار للبحث فى لعبة الاختباء .  
وحالما وقع الاختيار على فيرا ، انطلق الجميع كل على حدة ليجد مكانا يختبئ فيه .

ثم بدأت فيرا فى البحث .

اختبأ غوشا وراء الزلاقة القديمة ، وفانيا صعد على علية السقيفة ، اما آليونكا الصغيرة فتوغلت داخل الحشائش العالية وأصبحت غير مرئية . فى الحال . وقع نظر ليونيا على صندوق كبير من الخشب المعاكس ، ظهر فى فناء البيت منذ أمد ليس بعيد . كان الصندوق يتسع لبضعة أشخاص مرة واحدة ، إلا أن الصغار لم يلاحظوه لسبب ما ، واختبأ الكل فى أماكن أصبحت معروفة منذ أمد بعيد . ولذلك سرعان ما اكتشفوا جميعا ، ما عدا ليونيا الذى ظل جالسا فى صندوقه المظلم دون أن يرى أى شىء حوله .



صاحت ايريشكا :

— اخرج يا ليونيا ، انتهت اللعبة !

تصور ليونيا انهم يخدعونهم ، فاستمر بالجلوس فى الظلمة الحالكة . وأخيرا مل من الجلوس ، فقرر أن يثقب جدار الصندوق بمسمار . كان خشب الصندوق غير متين وسرعان ما أصبح الثقب جاهزا . تطلع ليونيا من الثقب إلى الشارع وأغمض عينيه لأن الشمس كانت ساطعة . وبعد أن اعتادت عيناه ، رأى أن الجميع قد اكتشفوا حقا وبات لا يعرف هل الصغار يواصلون لعبهم أم انتهوا منه بالفعل . وقع نظره صدفة على الجدار الآخر المقابل له من الصندوق فتسمر من الدهشة ، إذ رأى الصغار يركضون ويسرون ويجلسون مباشرة على الجدار الخشبي للصندوق مقلوبين رأسا على عقب .

نظر ليونيا برهة وصاح بصوت عال :

— آ—آ—آ !!! ابتدعت مكنة سحرية جديدة !

وفى هذه اللحظة فقط حزر الصغار أين كان ليونيا مختبئا . انطلق الجميع نحو الصندوق ، ودخلوا فيه بسرعة ، فرأوا على جداره الخشبي صورة مقلوبة للبيت والسقيفتين . كانت السماء إلى الأسفل ، أما الأرض التى





تغطيها الحشائش والأعشاب فيألى الأعلى . بالطبع لم يكن الصغار موجودين على الجدار ، لأنهم كانوا هذه المرة جالسين فى الصندوق ويصيحون مبتهجين بهذا الابتداء . إلا أن هناك مشكلة ، فما من أحد يعرف كيف تعمل هذه المكنة الغريبة . وهنا جاءت تانيا . وبعد أن فكرت قليلا قالت : — نحتاج إلى مصابيح يدوية كثيرة . اجلبوها إن وجدت عندكم . لم تكن هناك ضرورة لمطالبة الصغار بذلك ثانية . وبعد بضع دقائق أحضر الصغار اثنى عشر مصباحا ووضعوها على العشب بالقرب من الشجرة . أخذت تانيا مصباحا وثبته على جذع الشجرة بواسطة قطعة من الطين الاصطناعى . وأشعلته وبعد ذلك قالت :

— انظروا ، إن ضوء المصباح ينتشر فى كافة الجهات ، ويقع على الثقب الموجود فى جدار الصندوق . يتسرب الضوء من خلال هذا الثقب ويقع على الجدار المقابل من الصندوق فتظهر عليه بقعة وضاءة . قال ليونيا :

— سأتحقق من ذلك بنفسى . ركض صوب الصندوق ودخل فيه . انطلق الصغار كلهم وراءه . أجل فقد ظهرت على جدار الصندوق بالفعل بقعة ضوئية . عرض ليونيا راحة يده للضوء فانتقلت البقعة الضوئية إليها . جاء الصغار إلى تانيا ثانية . وقالت ماشينكا سائلة :

— لماذا يا ترى تستقر البقعة الضوئية هناك فى أسفل الجدار والمصباح هنا فى الأعلى ؟ قالت تانيا :

— انظروا إذن إلى هذا الرسم بإمعان . وأخذت ترسم لهم شكلا يبين المصباح والصندوق . إلا أن



الصندوق بدون جدار واحد ، حتى يكون واضحا ما يجرى داخله .  
— الضوء ينطلق من المصباح ويمر كالمشمس . وبعد مروره  
من خلال الثقب يلتقى مع الحائط فى الأسفل .

انتظرت تانيا حتى يفهم الجميع ما قالته ومن ثم ثبتت  
المصباح الثانى على جذع الشجرة . إلا أنها فى هذه المرة ثبتته  
فى أسفل الجذع بالقرب من الأرض تماما .

قالت تانيا :

— أين تحصل البقعة الضوئية المنبعثة من هذا المصباح ؟  
غرق الجميع فى تفكير عميق ثم صاحوا رأسا :

— إلى الأعلى !

قالت تانيا :

— لنجرب ، وأشعلت المصباح ، فانطلق الصغار من  
جديد نحو الصندوق . وجدوا فى الصندوق بقعتين ضوئيتين .

بدأت تانيا بسرعة تحجب المصباح السفلى بيدها تارة وتكشف  
عنه تارة أخرى . فرأى الصغار كيف بدأت البقعة العليا تتألق .

بعد ذلك ثبتوا على جذع الشجرة عدة مصابيح فظهر على  
جدار الصندوق شريط من البقع الضوئية . عملوا فى نهاية هذا

الشريط زاوية حادة بواسطة المصابيح أيضا ، فحصلوا على سهم .  
وكان هذا السهم المصنوع من المصابيح يتجه إلى أعلى ولكن

عندما يشع الضوء من هذا السهم عبر الثقب فى الصندوق يحصل  
سهم من البقع الضوئية متجه إلى أسفل .

قالت إيريشكا :

— المصابيح تضيء ، أما البيت والأشجار والناس فلا

تضيء . ومع ذلك تنكس على الجدار .

نظر الجميع إلى تانيا . فالأشجار والبيت لا تضيء حقا .  
قالت تانيا :

— المواد تضيء جميعها — بعضها تضيء بسطوع والأخرى بخفوت .  
فالشمس والمصابيح والشموع تضيء بضوء تبعثه هى بنفسها ، أما البيوت  
والأشجار والناس فتضيء بالضوء المنعكس منها . أنظروا حولكم : يقع  
ضوء الشمس على أوراق الأشجار فتعكس قسما كبيرا منه ، لذا تكون هى  
ساطعة . أما جذوع الأشجار فإنها تعكس قليلا من الضوء ، ولذا فهى قاتمة .  
ومن هنا يحصل أن الوجوه والأيدى والأحذية والثياب وضياء أيضا .

قال ليونيا :

— أنت لست على حق !

— إن كنت لا تصدقنى ، فادخل فى الصندوق .

دخل ليونيا فى الصندوق وأغلق غطاءه .

سألت تانيا :

— هل ترى شعاع الشمس من الثقب ؟

— نعم .

— عرض أصبعك له .

عرض ليونيا أصبعه لهذا

الشعاع ، فأصبح أصبعه يضيء

فى الظلام ، وكأنه مصباح ،

وامتلاء الصندوق بضوء وردى اللون .

سألت تانيا :

— هل أصبح الصندوق أكثر

إنارة ؟

— نعم .

— عرض الآن ورقة للضوء .





رفعت ايريشكا غطاء الصندوق قليلا وناولته قطعة من هذا الورق :  
— خذ يا ليونيا .

فصاح هو من الصندوق :

— الصندوق نير كما فى الخارج !  
فسألته تانيا :

— إذن الأصابع والأوراق تضيء أيضا ، أليس كذلك ؟  
رد ليونيا والابتسامة تعلو وجهه :  
— بلى ، تضيء .

لقد فهم ليونيا الآن أن الأجسام التى ينعكس الضوء منها ويقع فى  
الصندوق عبر الثقب الموجود فيه ، إما فاتحة اللون فتحصل على الجدار بقع  
فاتحة اللون ، وإما غامقة ، فتحصل على الجدار بقع غامقة اللون . ومن  
هذه البقع وتلك مجتمعة تحصل صورة الاجسام .

وفى اليوم التالى أخذ الصغار صندوقا من الخشب المعاكس ، من  
تلك التى ترسل فيها الطرود البريدية ، وثقبوا جداره بالمسمار وانتزعوا غطاءه  
لكى يروا ما يجرى داخله . وكيلا يتسرب إلى الصندوق ضوء من الخارج  
تغطوا بلحاف أسود سميك . الضوء ينعكس من الأجسام ويتسرب إلى الصندوق  
عبر الثقب فى جداره ، فتحصل على الجدار المقابل له صور هذه الأجسام  
جميعها . وعلقوا على هذا الجدار قطعة من الورق بحيث تقع كل صور الأجسام  
عليها ، وبدأوا يخططون هذه الصور بالقلم الرصاص . وسرعان ما حصل  
على الورقة منظر كامل : فناء تشمخ فيه شجرة البتولا ، وسقيفة يرعى  
بالقرب منها عجل صغير .

قالت تانيا للصغار : فى قديم الزمان عندما لم يكن الناس قد تعلموا  
بعد صنع الأفلام وأوراق التصوير ولم تكن هناك آلات تصوير حديثة استعمالوا  
مثل هذه الصناديق المثقوبة وخططوا الصور على الورق داخلها . والصندوق



— عرض ليونيا ورقة للضوء . الورقة زرقاء اللون ، ولذلك امتلأ الصندوق  
بالضوء الأزرق .

صاح ليونيا :

— أصبح الصندوق أكثر إنارة .

— الآن عرض للضوء قطعة من الورق المفضض الذى تغلف به  
الشكولاتة .

— ليس عندى ورق مفضض !



كلمة غير علمية ، لذلك أطلق الناس على آلة التصوير البدائية هذه تسمية «الغرفة المعتمة» .

بدأ الصغار يرسمون بعضهم بعضا ، وحتى موعد الغداء صارت عندهم مجموعة كاملة من صورهم الشخصية .

بالمناسبة أنصحك أنت أيضا بصنع مثل هذه «الغرفة المعتمة» .  
لترسم بواسطتها بعد ذلك صور رفاقك وأقربائك .

ليس من الصعب صنع «الغرفة المعتمة» ، فتركيبها واضح من القصة نفسها ولكن يجب أن نعرف أنه كلما كان الثقب صغيرا كانت الصورة أوضح ، وأعمق في نفس الوقت . ومن الناحية العملية يمكن جعل قطر الثقب أصغر بـ ١٠٠ — ٢٠٠ مرة من المسافة بين الجدار المثقوب والجدار المقابل الذي تحصل عليه الصورة . وبالإضافة إلى تخطيط صور الأجسام الحاصلة في «الغرفة المعتمة» كما جاء شرحه في القصة ، يمكن التقاط صورة فوتوغرافية بواسطة هذه الآلة البصرية . ومن الأفضل لهذا الغرض أن نأخذ آلة تصوير عادية وننزع عدستها ونضع مكانها ورقة سوداء نعمل فيها ثقباً بواسطة الإبرة .

كيف نحدد في هذه الحالة مدة التعريض ؟

قبل كل شيء من الضروري أن نحدد الفتحة النسبية (فتحة الرق) لمثل هذه العدسة . إنها تساوي قطر الثقب مقسوما على المسافة من الفلم الفوتوغرافي إلى الثقب . إذا كان قطر الثقب ، مثلا ، ٠,٥ ملم والمسافة بينه وبين الفلم الفوتوغرافي ٥٠ ملم ، فإن الفتحة النسبية تساوي ١٠٠/١ ملم . وإذا تعودتم على استعمال مصطلح «فتحة الرق» ، فإن فتحة الرق في مثل هذه العدسة تساوي ١٠٠ . وكما هو واضح لا يمكن أن نعتبر هذه العدسة سريعة . ويمكن بواسطة مقياس التعريض (او الجدول) تحديد

مدة التعريض لأصغر الفتحات النسبية التي تستعمل في آلات التصوير الاعتيادية — وتساوي ١/٢٢ (فتحة الرق تساوي ٢٢) . إن فتحة الرق عندنا أقل بخمس مرات ، أي يجب أن نزيد مدة التعريض بمقدار : ٢٥-٥×٥ مرة . إذا كانت مدة التعريض في حالة فتحة الرق ٢٢ تساوي مثلا ١/١٠٠ ثانية فإنها تكون بالنسبة لعدستنا أكبر بـ ٢٥ مرة ، أي تساوي ٤/١ ثانية . وبالمناسبة يمكن بواسطة هذه العدسة أن نصور بنجاح فلما ملونا .



### أسئلة وتمارين

١ — في الصباح نرى في الغابة كيف تتسلل أشعة الشمس الساطعة من خلال الأشجار . الأشعة كلها مستقيمة وكأنها أوتار مشدودة . تأمل بعض الشيء ، وحاول أن تعرف كيف يمكن تغيير اتجاه هذا الشعاع .

٢ — ما الذي تراه في المرآة ، عندما يقوم أحد زملائك بتوجيه البقعة الضوئية صوب عينيك ؟ لماذا تبهر المرآة عينيك في هذه الحالة ؟

٣ — إذا كنت تحمل المرآة وترى ماما فيها ، فمن الذي تراه ماما في المرآة في هذه اللحظة ؟

٤ — كلمة «فوتو» اليونانية تعني باللغة العربية «الضوء» ، و«غرافو» — «أنا أرسم أو أكتب» . كيف يمكنك ترجمة «فوتوغراف» من اللغة اليونانية إلى العربية ؟



# الحرارة

معطف القبر ينفسي  
أم لا ؟

محرار من قنينة زجاجية

تحويل الخطوات إلى نار





## معطف القرو يدفى أم لا ؟

اشترت تانيا مرة بوظة للصغار ، وبعدها تذكرت بأنهم غالبا ما يعانون من التهاب في اللوزتين . وخطر شيء على بالها فقالت :  
— نجىء إلى البيت ومنتظر حتى تذوب البوظة فنأكلها عندئذ .

جاءوا إلى البيت . وضعت ايريشكا بوظتها في صحن وأخذت تنتظر حتى تذوب . وليونيا كذلك وضع بوظته في صحن وصار ينتظر أيضا .

قالت ايريشكا :

— بدأت بوظتى تذوب .  
— بوظتى ستذوب أيضا .  
قال ليونيا وأسرع راكضا إلى الدهليز . وعاد من هناك وهو يحمل معطفا من القرو فلف به صحن البوظة ودره جيدا وصار ينتظر .

أخذت البوظة في صحن ايريشكا تذوب ، وجلست البنت تعلق ما يذوب من البوظة في صحنها . فتح ليونيا بوظته وإذا بها على حالتها وكأنها لم تدثر بالمعطف . انتظر ليونيا من جديد . بدأت ايريشكا تأكل بوظتها ، لأنها ذابت بالكامل تقريبا . أما بوظة ليونيا فتقبع تحت المعطف ولا يخطر ببالها أن تذوب . ركض ليونيا إلى الدهليز وجاء بمعطف آخر . ولف بوظته مع صحنها بالمعطفين وصار ينتظر من جديد . فأشفقت ايريشكا عليه وقالت :

— كل من بوظتى ، إذا لم تذوب بوظتك .

رد عليها ليونيا قائلا :

— شكرا ، لا داعى لذلك .



بعد فترة فتحا المعطفين فرأيا البوظة على حالها دون أى تغير .  
قالت ايريشكا :

— عجيب ، لماذا لا تذوب البوظة داخل معطف القرو ؟  
كانت تانيا آنذاك تقف بالقرب من الطباخ الساخن فمدت يدها فوقه وقالت :

— ماذا نعمل كيلا تحترق أيدينا ؟

أجاب ليونيا :

— نسحبها بعيدا .

— أو نحجبها بشيء ما—أضافت ايريشكا .

ورفعت لوحة تقطيع الخبز من العلاقة ووضعتها بين الطباخ ويد تانيا . إن الحرارة المنبعثة من الموقد لا تنتقل عبر اللوحة ولذا فلا تحترق يد تانيا . نظر ليونيا إلى ذلك وركض إلى المدخل ودس يده في قفاز . رفع يده فوق الطباخ ، فلم تحترق . وقال :

— ويدي لا تحترق أيضا .

— يعنى ، إن القفاز لا يسخن . . فهو يحتجز الحرارة ولا يسمح لها بالانتقال إلى اليد .  
قالت تانيا :

— صحيح ، فما الذى حصل

لبوظتك يا ترى فى معطف القرو ؟

ففكر ليونيا قليلا وقال :

— عندما دثرت البوظة

بالمعطف حال دون تسرب حرارة

الغرفة إليها ، فصار داخل المعطف

باردا ، وهذا بدوره حال دون

ذوبان البوظة .







— لماذا يلبس الإنسان إذن معطف الفرو في الزمهرير ؟  
 — عندما يخرج الإنسان من البيت يكون جسمه حارا ، أما معطف  
 الفرو فلا ينقل الحرارة منه إلى الخارج ، لذلك نراه لا يبرد .  
 قالت تانيا وهي تصب الشاي من الترموس :

— لعلمكم إن المعاطف تصنع ليس من الفرو فقط ، بل ومن الزجاج  
 أيضا .

عندما سمع ليونيا هذا الكلام حملت مندهشا . واصلت تانيا حديثها  
 وكأن شيئا لم يحدث :

— فمثلا هذا الترموس ، جدرانه مزدوجة ، ويوجد فراغ بينهما .  
 والفراغ لا يوصل الحرارة إلا قليلا . . . وهناك أيضا معاطف من الخشب  
 والحجر .

حزرت ايريشكا :

— هي جدران البيوت ، وهي تحتجز الحرارة ولا تنقلها إلى الخارج .

فكر أنت أيضا ، هل هناك معاطف أخرى ، وأين تستعمل ؟ أجب

على السؤال التالي : إذا ارتدت فتاة الثلج أحسن معطف فرائي وأفضل قبة  
 شتوية وأعرض وشاح صوفي وأدفا جزمة لبادية وسافرت إلى افريقيا . فهل  
 ستدوب هناك أم لا ؟



## محرار من قنينة زجاجية



مرض ليونيا ذات مرة ، وكان يجب  
قياس درجة حرارته . إلا أنه كان يتململ  
ويرفض القياس . وأتعب تانيا وإيريشكا للغاية .  
قالت تانيا بصوت خافت حتى لا  
يسمعه ليونيا :

— لنعمل يا إيريشكا محرارا مضحكا .  
ردت عليها إيريشكا بسرور :  
— هيا !

ذهبتا إلى المطبخ ، وأخذتا قنينة صغيرة  
سدادة من المطاط وأنبوبا زجاجيا .

ثقبنا السدادة بالمخز وقطرتا قليلا من الماء الملون في الأنبوب الزجاجي  
وأدخلناه في ثقب السدادة ، وبعدما وضعنا السدادة مع الأنبوب الزجاجي  
في القنينة ، فحصل جهاز يسهل تحضيره على كل إنسان .

دخلت تانيا وإيريشكا  
الغرفة حيث يضطجع ليونيا  
ووضعتا المحرار الذي عملتهما  
بنفسيهما على الطاولة .  
قالت تانيا :

— تعالي نسخن  
القنينة بأيدينا .



تجربة البوظة ومعطف الفرو تجرى عادة بنجاح . إلا أن طبقة غير  
سميكة من البوظة تذوب بسرعة لحد ما . وكبلا نتلف المعطف من الأفضل  
أن نغطي البوظة مقدما بغطاء نظيفة ، علما بأنه يجب أن نغطي البوظة  
دون نزع غلافها الورقي هي والصحن الذي توجد فيه . ولكي نتأكد من  
أن البوظة تذوب ببطء في المعطف ، لا بد من وضع قطعة أخرى من  
البوظة لغرض المقارنة دون لفها بالمعطف .

والسؤال المتعلق بفتاة الثلج غير ساذج أبداً كما يبدو للوهلة الأولى .  
وغالبا ما يقول الصغار إن فتاة الثلج لا توجد في الواقع ، بل توجد فقط  
في الحكايات . بالطبع إنها حكاية ، وكل شيء ممكن في الحكايات .  
إن مثل هذه النظرة إلى الأشياء طبيعية تماما بالنسبة للأطفال المعاصرين .  
لذا فيجب أن نشرح لهم أن التجربة على فتاة الثلج هي تجربة مبتدعة  
وأن الفيزيائيين الحقيقيين يلجأون أيضا إلى تجارب خيالية مبتدعة . وإذا كان  
الطفل يشارككم الرأي ، فعلى أقل تقدير يجب أن نتوقع منه ثلاثة أجوبة :  
١ — تذوب فتاة الثلج من جراء الحر ، ويساعدها في ذلك معطف  
الفرو لأن المعطف يدفئ .

وهذا الجواب غير صحيح ، لأن الفتاة مصنوعة من الثلج ، لذا  
فإن درجة الحرارة داخل المعطف واطئة .

٢ — الفتاة لا تذوب ، مثلها في ذلك مثل البوظة في معطف  
الفرو . وهذا الجواب يمكن الاقتناع به .

٣ — فتاة الثلج لا تذوب في البداية ، ولكنها مهما كان الحال  
ستذوب فيما بعد ، لأن الحرارة ، مع ذلك ، ستسرب بالتدريج من خلال  
المعطف إلى الداخل . وهذا الجواب يدل على أن الطفل يعرف كيف  
يفكر في الجواب عميقا لحد ما ، وأنه لا يتهيب من طرح وجهة نظر  
خاصة به .



وضعت ايريشكا يديها على القنينة وأخذت تسخنها . وسرعان ما بدأت قطرة الماء الملون تزحف إلى الأعلى . وما أن همت ايريشكا برفع يديها عن القنينة حتى تركت قطرة الماء الملون الأنبوب وسقطت .

سأل ليونيا :

— لماذا قفزت ؟

قالت تانيا :

— هذا يعنى أن شيئاً ما يجبرها على ترك الأنبوب .

ثم سألت :

— ماذا فى القنينة ؟

فأجابت ايريشكا :

— لا شيء سوى الهواء .

— يعنى أن ما يجبرها هو . . .

فبادرهما ليونيا :

— الهواء .

اومأت تانيا برأسها :

— صحيح . ولكن لماذا صار يدفعها ؟

قالت ايريشكا :

— ربما لأنه يتوسع .

— ولماذا يتوسع ؟

حزر ليونيا :

— ربما من جراء الحرارة .

قالت تانيا :

— صحيح يا ليونيا .

وضعت تانيا وايريشكا فى الأنبوب قطرة أخرى من الماء الملون بدل تلك التى سقطت . واستقرت القطرة الجديدة فى أعلى الأنبوب الزجاجي .

سألت تانيا :

— كيف نزلها ؟

— يجب تبريد القنينة .

أجابت ايريشكا وأخذت البتان تنفخان على القنينة . نزلت القطرة بسرعة إلى الأسفل .

قالت تانيا :

— أعطيني يدك .

مدت ايريشكا يدها : فأخذتها تانيا ووضعت القنينة تحت إبطها . وسرعان ما زحفت القطرة إلى الأعلى .

كان الثلاثة يراقبون تحركات قطرة الماء بكل انتباه . ها هى تزحف ابطاً فابطاً ومن ثم توقفت . أخذت تانيا قطعة من الطين الاصطناعي وعملت منها حلقة وألصقتها حول الأنبوب فى مكان توقف قطرة الماء .

قالت تانيا :

— عندما تكونين فى صحة جيدة فإن درجة حرارتك طبيعية . وقد أشرنا درجة الحرارة هذه على الأنبوب .

وسألت ايريشكا :

— فماذا يجب أن نقيس الآن ؟

ترجأها ليونيا بصوت حزين :

— درجة حرارتى .

هذا ما كانت تتوخاه تانيا وايريشكا . فاقتربتا منه ووضعتا تحت إبطه المحرار الذى عملتا من القنينة الزجاجية . صعدت القطرة سريعاً إلى الأعلى وتوقفت أعلى بكثير من تلك الحلقة التى تشير إلى درجة الحرارة الطبيعية .

قالت تانيا :

— القطرة صعدت أعلى من درجة الحرارة الطبيعية ، أى عندك حمى .

سأل ليونيا :

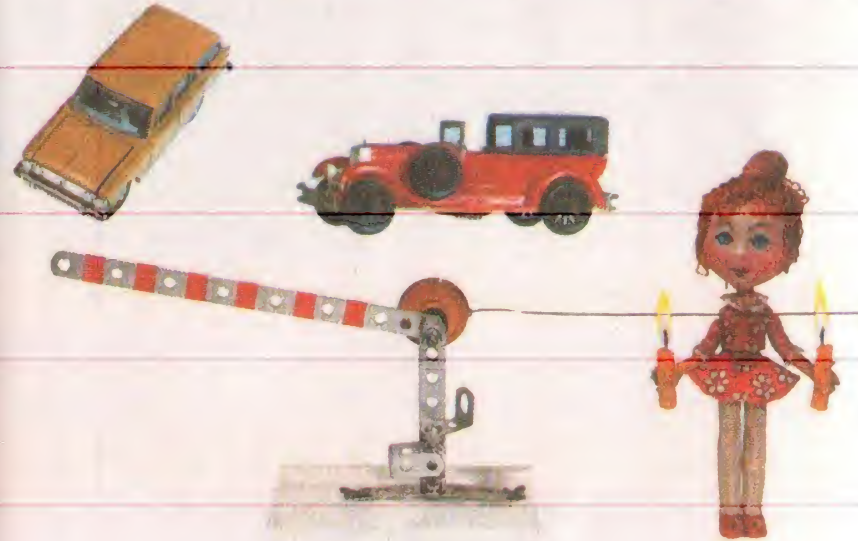


— إذا زالت الحمى ، تهبط القطرة أيضا ؟  
— طبعا .

— أعطيني دواء ! بسرعة !  
شرب ليونيا الدواء وبدأ ينتظر متى تزايد الحمى . ولما كان الانتظار  
شيئا مملا سأل تانيا :

— هل تتمدد كافة الحاجيات عند التسخين ؟  
— نعم .

أخذت تانيا سلكا معدنيا وربطت أحد طرفيه بمسمار ناتئ من رف  
العرائس ، وربطت الطرف الثاني بحاجز المرور الذى جمعته من قطع التركيب .  
تمعن فى هذا الرسم وستجد فيه سلكا مربوطا بعارضة ، هى حاجز المرور  
الذى يوضع عند تقاطع طرق السيارات مع السكك الحديدية . عندما يقترب  
القطار من المفترق ينزل هذا الحاجز فتتوقف السيارات . وهكذا إذن :  
السلك مربوط بالحاجز ويمر عبر عجلة صغيرة ، أما الطرف الثانى فهو ،  
كما تعلم ، مربوط بالمسمار الناتئ من رف العرائس .



نظر ليونيا إلى هذه اللعبة وقال :  
— وماذا بعد ؟

تتبع وشاهد !  
أخذت تانيا شمعتين وأعطت لايريشكا شمعتين أخريين . أشعلتا  
الشموع وقربتاها من السلك . فأخذ السلك من جراء الحرارة يتوسع ، وبالأحرى  
يتمدد ، أما الحاجز فينزل . أبعدتا الشموع عن السلك فأخذ يتقلص ويسحب  
الحاجز إلى الأعلى . يا له من شيء لطيف ، لا أحد يمس الحاجز ، أما  
هو فيصعد وينزل بنفسه . وبينما كانوا يجمعون الحاجز ، ويجرون التجربة  
بواسطة السلك وينظرون كيف يرتفع الحاجز وينخفض مرت ساعتان وربما  
ثلاث . تذكر ليونيا المحرار وقال مترجيا :

— أرجو أن تقيسا درجة حرارتى من جديد .

وضعتا تحت إبطه المحرار الذى صنعته من القنبنة الزجاجية ، فزحفت  
قطرة الماء الملون إلى الأعلى ، ولكن ليس بالسرعة السابقة ، ثم توقفت .  
لكنها توقفت عند حلقة الطين الاصطناعى ، التى تشير إلى درجة الحرارة  
الطبيعية .

فهم الجميع رأسا أن الدواء أدى مفعوله وأصبحت درجة حرارة ليونيا  
مثالها عند لايريشكا ، أى طبيعية .  
قالت تانيا :

— رائع ! كيف كنا سنشفيك لو لم يكن عندنا مثل هذا المحرار ؟  
وضحك الكل سوية .



## تحويل الخطوات إلى نار

حدث لأبطالنا حادث خطير في النهر... انكسر أحد المجذافين في قاربهم. وظل الثلاثة وحدهم في جزيرة وليس هناك من يساعدهم. الوصول إلى الشاطئ الثاني بمجذاف واحد أمر غاية في الصعوبة، لأن أوب نهر عريض. ظلوا يصيحون طويلا إلا أنه لم يكن في النهر وعلى شواطئه من يسمعونهم. وأخيرا أدركوا أنه لا جدوى من الصباح، فانتابهم الخوف والهلع وظهرت على وجوههم الكآبة والحزن. وحتى تانيا لم تكن تعرف ما يجب عمله. جلست على الشاطئ وأخذت تقلب يديها عبثا شظية من المجذاف المكسور.

قال ليونيا :

— يجب أن نشعل نارا... فلربما يرانا أحد !

كيف نشعل النار وليس عندنا ولا عود ثقاب واحد؟ — قالت تانيا ورمت شظية المجذاف على الرمل.

وفجأة صاحت ايريشكا :

— أنا أعرف كيف ! يجب أن نأخذ عودين ونفرك أحدهما بالآخر،

كما كان يفعل الإنسان القديم، فنحصل على النار.

فتساءل ليونيا مندهشا :

— كيف ؟

قالت تانيا فرحة :

— عندما نفرك حاجة بأخرى، فإن كليهما تتسخنان — جراء

الاحتكاك.

— لا أفهم ما تقولين.

قد تظهر بعض الصعوبات إن لم يتوفر أنبوب زجاجي لتحضير المحرار من القنينة الزجاجية، عندئذ يمكن الاستعاضة عنه بالأنبوب الفارغ (الشفاف) المأخوذ من قلم الحبر الجاف. ولكن يجب أن نأخذ بنظر الاعتبار أن قطر أنبوب قلم الحبر الجاف أصغر بكثير من قطر الأنبوب الزجاجي الاعتيادي المستعمل في المختبرات وأنه من اللازم أن نأخذ لتحضير المحرار قنينة زجاجية صغيرة، حجمها ٥٠ — ١٠٠ مليلتر.

وكيلا تنفلت قطرة الماء الملون في لحظة إدخال السدادة مع الأنبوب إلى القنينة، يجب أولا إدخال السدادة إلى القنينة ومن ثم إدخال الأنبوب الحاوي على القطرة في الثقب المحفور في السدادة.

إن تجربة تمدد السلك تجرى جيدا أيضا. ولكي تجرى بنجاح أكثر يجب استخدام سلك أطول (٣ — ٤ أمتار). والحاجز الذي نجمعه من قطع التركيب يجب تثبيته على الطاولة بإحكام بواسطة مشبك أو ثقل ما، أو إذا أمكن، بالمسامير. ويجب أن نسخن السلك بصورة متساوية على امتداده. ولهذا السبب بالذات استعملت تانيا وايريشكا أربع شمعات وزعتها على امتداد السلك بمسافات متساوية.

ويمكن إجراء تجارب أخرى توضح توسع الأجسام بسبب التسخين. نأخذ على سبيل المثال قطعة نقدية نحاسية ونضعها على لوحة خشبية. ندق في اللوحة عند كل جانب من جانبي القطعة النقدية (على امتداد قطرها) مسمارا واحدا بحيث يسهل على القطعة النقدية المرور بينهما. بعد ذلك نسخن القطعة النقدية ونحاول ثانية إمراها بين المسامير. إذا سخنا القطعة النقدية جيدا لن تمر بين هذين المساميرين.



قالت ايريشكا :

— أعطني يدك .

أخذت يده وصارت تفرك راحتها بيدها بقوة .

صاح ليونيا :

— آخ ! — شعر بالسخونة وكأن مكواة وضعت على يده .

ضحكت تانيا وقالت :

— إذن فهمت ؟

— قال ليونيا وهو يحك يده — نعم فهمت .

تناول ليونيا عودين وبدأ يفرك أحدهما بالآخر بقوة . غير أن العودين

لم يتسخنا إلا قليلا .

— لن تصل بهذا الشكل إلى نتيجة — قالت تانيا وبدأت تدبر العود بين راحتي يديها بعد أن اسندت طرفه الآخر إلى جذع الشجرة الذي تجلس عليه . ظلت تفركه طويلا ، حتى حدث تقعر في جذع الشجرة . . .



قررت تانيا أن ترتاح قليلا . وعندها وضعت ايريشكا أصبعها على

ذلك المكان حيث كانت تانيا تسند العود وقالت :

— إنه ساخن جدا .

قالت تانيا وهي تنظر إلى الجسآت التي بدأت تظهر على راحتي يديها :

— لا . . بهذا الشكل ستتعب أيدينا بدون فائدة . من الضروري أن نفكر

كيف يجب إدارة العود .

استغرق الجميع في تفكير عميق . وساء مزاجهم من جديد بعد أن

اتضح لهم أن الحصول على النار بالاحتكاك أمر ليس بالسهل . كان ليونيا

يفكر بجدية لدرجة أن وجهه توتر وعبس تماما . كان يحب المكان جيئة

وذهابا . أخذ الحبل الموجود في القارب وبدأ يتداوله من يد لأخرى ونظر

إلى العود المطروح بالقرب من تانيا .

وحزرت تانيا وايريشكا ما ابتدعه ليونيا . أخذ الثلاثة العود ولفوا الحبل

عليه لفة واحدة ووضعوه على جذع الشجرة وضغطوه من الأعلى بلوحة خشبية .

تانيا تمسك اللوحة وتضغط بها على العود ، أما ليونيا وايريشكا فأخذتا بطرفي

الحبل وشدها ومن ثم صارا يركضان تارة إلى الأمام وتارة إلى الخلف . فأخذ

العود من جراء ذلك يدور بسرعة مرة في اتجاه وثم في الاتجاه المعاكس .

وسرعان ما تصاعد الدخان . غير أن العود لم يلتهب بعد .

قالت ايريشكا :

— يجب أن نعمل لعودنا دثارا .

تساءل ليونيا مندهشا :

— أى دثار ؟

— دثار من أوراق الأشجار اليابسة ، حتى لا تتسرب الحرارة إلى كافة

الجهات عبثا .

وبلمح البصر جاء الصغار بكومة من أوراق الأشجار اليابسة وغطوا بها

مكان استناد العود إلى جذع الشجرة . بدأ الاثنان يركضان من جديد فأخذ



بدأ الثلاثة يرقصون ويرنمون بأنغام مرحة . ظلوا يمرحون ويرقصون ويغنون حتى لاحظوا أن الشمس بدأت تختفي وراء الأفق ، وبالرغم من مرور الوقت فإنهم لم يحصلوا على مساعدة . يبدو أن أحدا لم يلاحظ النار في النهار . وعند الغروب توجه القوارب إلى المرفأ . النار تشتعل والثلاثة جالسون حولها يتطلعون إلى الأفق وعلى وجوههم علامات الكآبة والحزن .

صاحت ايريشكا فجأة :

— أنظروا . . قارب !

فهبوا من مكانهم . سمعوا في البداية سقسقة بعيدة وبعدها رأوا في الغسق نقطة سوداء تتحرك نحو الجزيرة . صاح الجميع :

— عظيم ! — وبدأوا يلوحون بأيديهم . وبعد خمس دقائق وصل زورق بخارى إلى الجزيرة .

الآن في الزورق السائق وتانيا وايريشكا وليونيا . ايريشكا وليونيا يغطان في نوم عميق . ليس في ذلك ما يدعو للدهشة ، فقد انفعلا وتأثرا كثيرا خلال هذا اليوم وألم بهما تعب شديد .

الحصول على النار عن طريق الاحتكاك يتطلب مهارة عالية . ولهذا الغرض تازم أنواع خاصة من الخشب ، قد تكون غير متوفرة . إلا أن ثمة شيئا آخر أكثر أهمية بالنسبة لنا ، وهو أن نبين كيف تتحول الطاقة الميكانيكية (الخطوات) إلى حرارة . إن تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة حرارية يمكن ملاحظته في مجالات كثيرة . فمثلا عندما ننشر الخشب (أو المعدن) بالمنشار نرى



العود يدور ثانية وتصاعد الدخان وفجأة اندلع بين الأوراق لهيب أحمر قاتم أثار دهشة الجميع . أضافوا قليلا من أغصان الأشجار اليابسة والرفيعة ، وصاروا يراقبون النار كيف تلتهم الأغصان بصورة مذهشة . سأل ليونيا :

— هل تعرفان ماذا اخترعنا اليوم ؟

— أخبرنا يا ليونيا !

— تعلمنا كيف نحول الخطوات إلى نار .

قالت ايريشكا ضاحكة :

— . . . جهابذة في الفيزياء .





أن المنشار والخشب يتسخنان . وإذا فركنا أصبعنا بقوة بالطاولة فإننا سرعان ما نشعر بالحرارة تدب فيه .

والأجسام تتسخن حينما نطرقها . فإذا أخذنا مطرقة وبقينا مدة طويلة نطرق بها على قطعة من المعدن فسرى أن المعدن والمطرقة يتسخنان . وإذا طرقتنا حجرين أحدهما بالآخر في الظلام ، فيمكننا عندئذ أن نرى الشرارات المتطايرة ، التي هي عبارة عن شظايا صغيرة متطايرة من الحجرين ومتسخنة حتى الاحمرار . وعيدان الثقاب التي تستعملها في الوقت الحاضر هي أيضا تشتعل من جراء الاحتكاك ، إلا أن الأمر بالنسبة لنا أسهل بكثير منه بالنسبة للإنسان القديم ، ذلك لأن نهايات هذه العيدان تغطي بمادة يمكن أن تشتعل مهما كان الاحتكاك طفيفا .

ولكن لنعد إلى عملية الحصول على النار بواسطة الاحتكاك . فلا تثريب عليكم إذا لم تتمكنوا من تنفيذ التجربة حتى النهاية . ولعل من المؤكد أنكم ستتمكنون من التوصل إلى حد يتصاعد فيه دخان كثيف من العود المحترق بالخشبة . وذلك برهان ساطع على تسخن الأجسام عند الاحتكاك .



### اسئلة وتمارين

١— في القدم كانوا يدثرون القدر المملوء بالحساء بلحاف أو معطف فرو . لماذا يفعلون ذلك ؟

٢— ليس هناك هواء يحيط بالقمر . وفي النهار تبلغ درجة الحرارة على القمر ١٢٠ درجة مئوية ، اما عندما يحل

الليل وتختفي الشمس وراء الأفق ، فيكون الجو صقيعيا وتهبط درجة الحرارة إلى ١٨٠ درجة تحت الصفر . لماذا لا يحدث على الأرض مثل هذا الصقيع وهذا الحر ؟ فالشمس تبعد عن الأرض كبعدها عن القمر لا أكثر ولا أقل .

٣— في بعض البلدان الحارة يرتدى الناس صيفا أردية قطنية مضرّبة ويغطون رؤوسهم بأغطية من الفرو . لماذا يفعلون ذلك ؟

٤— في الشمال يشيد الناس أحيانا بيوتا من الثلج . لماذا يكون داخل البيت الثلجي أدفأ من خارجه ؟

٥— متى تكون الأسلاك بين الأعمدة مشدودة أكثر— في الصيف أم في الشتاء ؟

٦— لماذا تترك بين قضبان السكك الحديدية خلوصات أو فراغات ؟

٧— أنظر بانتباه إلى المحرار الموجود في الغرفة ، واذكر ما الذي يتمدد أو يتقلص فيه ؟

٨— لماذا يتسخن المنشار عندما ننشر بواسطته قطعة من الخشب أو الحديد ؟

٩— هل يمكن الحصول على النار عن طريق الاحتكاك إذا كان لديك عود ثقاب وعلبة كبريت ؟

١٠— عندما يحترق دولا ب القداحة بالحجر الموجود فيها تتطاير من الحجر شرارات . لماذا يحدث ذلك ؟



# السوائل والغازات والأجسام الصلبة

لماذا يرتفع المنطاد ؟

لماذا تهب الرياح ؟

الأحجار السائلة

الماء الصلب

لماذا ينزل المطر ؟

لماذا يتساقط الثلج ؟





## لماذا يرتفع المنطاد ؟

توجهت تانيا وإيريشكا صيفا في سفرة سياحية إلى إقليم آلتاي ،  
بينما بقي ليونيا ليعيش فترة في عائلة أصدقائهم .  
ذات مرة كانت تانيا وإيريشكا تجمعان أحجارا لتضيفاها إلى مجموعة  
الأحجار التي عندهما . ذهبتا بعيدا عن المخيم . وفجأة تعثرت إيريشكا  
وفسخت رجلها ، فتعذر عليها المشي .

حملتها تانيا على يديها ، فقالت إيريشكا :  
— اتركني هنا ! واذهبي إلى المخيم ثم عودي مع الآخرين لتأخذوني .  
ردت عليها تانيا :

— لا تهرفي ! الأفضل أن نرتاح ونفكر بما سنفعله بعد .  
توقفنا عند النهر الجبل وأشعلنا النار وبدأتا ترتاحان . الهدوء يخيم على  
المنطقة والجبال جبهة تنظر إلى تانيا وإيريشكا .  
قالت إيريشكا :

آه ، يا ليت عندنا محطة لاسلكية !  
فردت عليها تانيا :

— أو حمامة بريد من الحمام الزاجل .  
— أو صاروخ إنارة .

تطلعت تانيا إلى الدخان وهو يفترش شاطئ النهر وقالت :  
— الريح تهب باتجاه المخيم . . ماذا لو أطلقنا منطادا هوائيا وربطنا  
به رسالة مختصرة ؟ !

هزت إيريشكا رأسها وتنهدت ثم قالت :  
— من أين نحصل على المنطاد ؟

ردت عليها تانيا :  
— نصنعه من الورق الرقيق بعد أن نلصقه ببعضه .



وأخرجت من حقيبة الظهر صمغا وورزمة من الورق  
كانت معها للـف الأحجار الجميلة التي تجـدناها  
لمجموعتهما . وقالت إيريشكا دون أن يقر لها قرار :  
— ولكننا نحتاج إلى غاز أخف وزنا من الهواء . .  
فبدونه لا يصعد المنطاد إلى الأعلى ؟

— عادة ينفخ في المناطيد إما غاز الهيدروجين أو  
غاز الهيليوم . وكلاهما أخف وزنا من الهواء ، لذلك  
نراهما يرفعان المنطاد . ولكن عندنا غاز خفيف آخر ،  
وهو الهواء الحار . ما رأيك ، لماذا يتصاعد الدخان  
إلى الأعلى ؟

تذكرت إيريشكا تجربة المحرار المصنوع من القنينة الزجاجية وشرعت  
تقول :

— أولا ، إن كافة الأجسام تتمدد عند التسخين . . . ولا شك أن  
الهواء يتمدد أيضا .

— وكيف تبرهنين على ذلك ؟  
بدأت إيريشكا تنبش في حقيبتها وأخرجت منها أنبوبة حديدية  
صغيرة . طمست أحد طرفيها في الماء حتى تغطي بغشاء مائي ، أما الطرف  
الثاني فسدته بأصبعها . بعد ذلك أخذت من النار غصنا يابسا مشتعلا وبدأت  
تسخن الأنبوبة . وسرعان ما انتفخ الغشاء المائي على طرفها مثل الفقاعة  
ومن ثم انفجر . واسترسلت إيريشكا في القول :

— من جراء التسخين بدأ الهواء الموجود في الأنبوبة يتمدد ويخرج  
منها .

قالت تانيا :

— هذا يعني أن الهواء يتوسع عند التسخين وتقل كميته في الأنبوبة ،  
أي أنه يصبح . . .



— أخف — حذرت إيريشكا .

لنبدأ بالعمل إذن ! — قالت تانيا . وفرشت ورقة رقيقة على الحشيش وصارت تعدلها .

قصتا اثنتى عشرة قطعة من هذا الورق كالحوص وبدأتا تلصقانهما ببعضها . العمل يجرى بطيئاً وإيريشكا تقول :

— إذا واصلنا عملنا على هذا المنوال سنقضى نصف النهار لإكماله . . .

— لا تقلقى ، سنكمله إن عاجلاً أم آجلاً . لكن الأمر يتطلب دقة



عالية حتى لا تبقى ثقوب فى نقاط اللصق .

بعد الانتهاء من تحضير المنطاد وضعته تانيا ليحلف ، أما إيريشكا فكتبت رسالة قصيرة : « تعثرت وفسخت رجلى فى وادى الأشباح الجبلية . أنتظر مساعدتكم ! إيريشكا » .

ربطت تانيا وإيريشكا الرسالة بالمنطاد ورفعته فوق النار المشتعلة . وسرعان ما امتلأ بالهواء الحار وشعرت إيريشكا بأنه يحاول أن يفلت من يديها وينطلق إلى الأعلى . فالهواء الحار الذى هو أخف من الهواء البارد يرفع المنطاد .

تانيا وإيريشكا أطلقتا المنطاد فى آن واحد ، فأخذ يرتفع إلى الأعلى بسرعة .

هتفت إيريشكا :

— يرتفع فى الهواء كما ترتفع الفقاعة الهوائية من تحت الماء .

قالت تانيا :

— لعلمك إن التحليق بواسطة المناطيد الهوائية يسمى بالملاحة الجوية .

إذا رغب الطفل فى تحضير المنطاد الهوائى فلا بد من مساعدته فى ذلك . يحضر المنطاد الهوائى من الأوراق الرقيقة . وتوجد على الرسم تفصيلة خاصة لهذا المنطاد . وإذا كانت قطعة الورق الموجودة عندكم قصيرة فيمكن لصق قطعتين ببعضهما . وبعد تحضير كل أجزاء المنطاد (وعدها اثنا عشر جزءاً) يمكن لصقها ببعضها . ومن الأفضل لصق هذه القطع أزواجاً ، فتكون عندنا بذلك ستة أزواج . يجب لصق هذه الأزواج مع بعضها بحيث نحصل على ثلاثة أجزاء مكونة للمنطاد . وأكثر ما نلاقه من صعوبات ، هو عندما نلصق اللصقات الأخيرة . ننصحكم فى هذه



الحالة أن تضعوا الصمغ على قسم غير طويل (١٠ — ١٥ سم) من الجزئين المراد لصقهما ، فهذا أسهل وأسرع بكثير . ومن الأفضل أن يلصق هذا الورق بالصمغ السائل . أما الفتحة الحاصلة في قمة المنطاد فيجب سدها بقطعة من الورق دائرية الشكل . ويجب أن نجعل عدد الرقع قليلا قدر الإمكان ، ذلك لأن كل واحدة منها تزيد من وزن المنطاد بشكل محسوس . وكبلا تكون الفتحة التي يدخل فيها الدخان مهدبة يجب لصق حواف القطع المحيطة بها بشريط من الورق عرضه ١٠ — ١٥ سم . وفي نفس الوقت يؤمن هذا الشريط الورقي موازنة المنطاد في الهواء . ولغرض إطلاق المنطاد من الضروري أن يكون النهار غير حار والرياح هادئة . قبل كل شيء نشعل النار وبعد ذلك نأخذ دلوا معدنيا عديم القاع ونضعه في النار أو نأخذ أية حاجة أخرى يمكن أن تستخدم بمثابة أنبوبة تجمع الدخان في دفع . ولا يمكن الاستغناء عن هذه الوسيلة . والا سيشتت الدخان إلى كافة الاتجاهات وتحرك ألسنة النار حيثما تشاء ، الأمر الذي يعيق ملء المنطاد بالدخان ، بل وقد تلتهم الألسنة النارية المنطاد ذاته .

## لماذا تهب الريح ؟

في ذلك اليوم كان سيريوجا مناوبا في المخيم . اضطجع بالقرب من الخيمة وراح ينظر إلى السماء لعدم وجود شيء يشغل به . السائحون تفرقوا كل حسب برنامج سفرته ، ولم يبق أحد في المخيم سوى سيريوجا ومناوبين آخرين . وفجأة رأى سيريوجا في السماء نقطة بيضاء ترتفع ببطء من وراء السفح الجبلي ، فحدق فيها وعرف بأنها منطاد هوائي يتوجه صوب المخيم مباشرة . وقد علقت بالمنطاد قصاصة من الورق . حزر سيريوجا بأنها رسالة ،

وأخذ يفكر كيف يتمكن من قراءتها . بدأ المنطاد يبتعد عن المخيم وعندها تناول سيريوجا المنظار وصار يقرأ الرسالة . وبصعوبة بالغة تمكن من قراءة ما كتب فيها : « تعثرت وفسخت رجلى في وادى الأشباح الجبلية . نتظر مساعدتكم ! ايريشكا » .

صاح سيريوجا : « يا أولاد ! أعرف أين تانيا وإيريشكا ! » وركض إلى المطبخ حيث كان باقى المناوبين . تانيا وإيريشكا تجلسان في نفس المكان صامتتين . النار خمدت منذ وقت طويل ومزاجهما سيء للغاية . وبغية صرف الوقت قالت تانيا :

— أنظري إلى الهواء كيف يتدقق فوق الأرض المحروثة — وأشارت إلى سفح الجبل المحروث . وكان يرى حقا كيف يتصاعد الهواء المتسخن بأشعة الشمس إلى الأعلى وكيف تهتز وتراقص الأجسام البعيدة من جراء ذلك . — الهواء المتسخن يتصاعد هناك كالدخان من النار .

كانت إيريشكا صامته وفجأة قالت متسائلة : — ترى هل يحصل فضاء مخلخل من الهواء إذا صعد الهواء برمته إلى الأعلى ؟

ابتسمت تانيا ، أما إيريشكا فصفقت على جبينها وضحكت : — لو صعد الهواء برمته إلى الأعلى لاختنقنا . ولكن لا داعي للقلق ، فعندما يصعد الهواء المتسخن إلى الأعلى يحل محله من جميع الجهات هواء بارد . أليس كذلك ؟

— نعم ، إنه يهب فيحرك أغصان الأشجار وترفرف الأعلام ويتصاعد الغبار وتحدث الأمواج في المياه . استرسلت تانيا في الكلام :



— أنظري كيف تجرى الطبقة العليا من الغيوم في اتجاه والطبقة السفلى في اتجاه آخر .

قالت ايريشكا متحيرة :

— ترى إلى أين تهب الريح ؟

فردت عليها تانيا :

— الشمس تسخن الهواء فوق الحقل إلى درجة عالية ، فيرتفع . وفي أعالي الجبال الهواء أبرد ، لذا ينزل إلى الأسفل . بعد ذلك يتسخن في الأسفل ويصعد من جديد إلى الأعلى ، أما الهواء الباقي في أعالي الجبال فينزل من جديد إلى الأسفل . وتزداد كمية الهواء بالقرب من الجبال فيهب صوب الحقل .

سألت ايريشكا :

— هذا يحدث على الأرض ، ولكن ماذا يحدث هناك في الأعلى ؟  
— في الأعلى يتحرك الهواء في اتجاه آخر نحو الجبال . نحن نجلس على الأرض ونرى كيف تسوق الريح الغيوم العالية في اتجاه ، والغيوم الواطنة في اتجاه آخر . أليس هذا جميلا حقا ؟  
أجابت ايريشكا :

— جميل جدا ! — وتحسن مزاجها بعض الشيء . . .

. . . النجوم تتلألأ والجو هادئ . وتهادى وقع أقدام أشخاص في الدرب الضيق في الغابة . ذلك هو سيريوجا وأصدقاؤه . وكانت معهم تانيا أيضا . وفي الظلام لا أثر لايريشكا . ولو أمعنا النظر لرأينا أحد الأولاد يحمل على ظهره ايريشكا بدلا من حقيبتة . لم تر النجوم ولم تسمع وقع أقدام الباقيين . . كانت تغط في نوم عميق .





عندما فتحوا الرزمة وجدوا في داخلها حجرا تبرز منه سكينه صديقه ومحروقة .

سأل ليونيا محملا :

— من الذى غرزها فى الحجر ؟

قالت ايريشكا :

— ليس المهم من الذى غرز السكين فى الحجر ، بل المهم كيف تمكن من ذلك . فالحجارة لا يمكن قصها بالسكين !

قالت تانيا :

— إذن هذه هى الأحجية التى بعثها بابا وماما لنا .

مضت بضعة أيام ولم يتمكن أحد من حل الأحجية .

ذات مرة جاء إلى بيت أصدقائنا الثلاثة جارهم العم فاسيا . أروه الحجر ، فأخذه وصار يقلبه ويديره ومن ثم هز رأسه وقال :

— لا بد ان أساعدكم . تعالوا صباح الغد باكرا ، ونذهب سوية إلى المصنع .



عندما تشرحون للصغار لماذا تهب الريح يمكن إجراء التجربة التى نعرفها من درس «الأشياء والصحة» فى المدرسة الابتدائية . لو فتحنا باب البيت قليلا فى البرد القارس وقرينا شمعتين مشتعلتين من الشق الحاصل فى الباب ، احدهما أسفل الشق والأخرى أعلاه ، نلاحظ لهيب الشمعة السفلى يميل إلى داخل الغرفة ، أما لهيب الشمعة العليا فيميل إلى خارج الغرفة . وهذا يحدث لأن الهواء الساخن فى الغرفة يرتفع ويخرج من خلال الشق فى أعلى الباب ، أما الهواء البارد فلسبب ثقله نراه يتسرب إلى الغرفة من خلال الشق فى أسفل الباب . وبعد فترة يتسخن الهواء البارد فى الغرفة ، فيرتفع إلى الأعلى ويخرج من خلال القسم العلوى للشق ، ويأتى محله من جديد هواء بارد وهكذا دواليك .

وعلى هذا النحو بالذات تهب الرياح فى الطبيعة . إلا أن ما يحدث فى الواقع أعقد بكثير طبعا . فعلى الأرض تحدث فى آن واحد تيارات هوائية كثيرة تؤثر على بعضها بصورة متواصلة . وتصبح هذه التيارات الهوائية أكثر تعقيدا بسبب دوران الأرض حول محورها .

## الأحجار السائلة

ذات مرة استلم الثلاثة طردا بريديا من شبه جزيرة كامشاتكا . والكلمات عاجزة عن وصف سرورهم وابتهاجهم . وهذا أمر طبيعى لأن الطرد وصل من والدى ليونيا وإيريشكا . فتحوا الطرد وأخرجوا الرسالة الصغيرة من داخله وراحوا يقرأونها : «أعزاءنا تانيا وإيريشكا وليونيا ! إننا سعدان لكونكم لا تقتلون الوقت عبثا وتدرسون الفيزياء . نبعث إليكم فيلما لطيفا صورناه هنا خصيصا لكم . لكن فى البداية حلوا الأحجية المغلفة بالورقة . قبلاتنا الحارة لكم . ماما وبابا» .

أخذت تانيا الرزمة بيدها وقالت :

— يا لها من أحجية ثقيلة !



الفضضاء فى المصنع شديدة جدا والكل يتكلمون بصوت عال لىسمعوا بعضهم بعضا . الصغیران يطوفان بعینیهما فیما حولهما فى الورشة ولم یتمکنا من تركیز انتباههما على شىء ما ، فكل ما فى الورشة یدعو للاهتمام . وفجأة التهب نار حمراء ، أضاءت الورشة بكاملها فقفص الاثنان من جراء ذلك . كان السيل النارى المتلألئ یتدفق من الجدار المرصوف بالطابوق .

صاح لیونیا مندهشا :

— ما هذا ؟

أجابه العم فاسیا :

— هذا فرن لصهر المعادن .

— لا أقصد الفرن . . إنی أسأل ما ذاك الأحمر القاتم الذى یجرى ؟

— قصدير !

— وما هو القصدير ؟

— معدن من المعادن .

— عجیب غریب ، معدن ویسبل كالماء !

صاح العم فاسیا فى أذنی لیونیا وایریشكا :

— بالطبع ، لأنه ساخن ومتوهج . أنتما تعلمان بأن درجة الحرارة

لجسمیکما تساوى ٣٦° مئوية ، أما هنا فالحرارة تبلغ ١٠٠٠° مئوية . ولا

یمکن الاستغناء عن التسخین هنا ، وإلا لتصلب القصدير من جدید . لنجرب

ذلك !

تناول العم فاسیا مجرفة حديدية لها مقبض خشبى طويل واغترف

بواسطتها قليلا من القصدير وسكبه على الأرضية الحجرية للورشة ، وسرعان

ما بهتت هذه البقعة من القصدير وتحولت إلى لوحة رقيقة من المعدن الأبيض .

أراد لیونیا أن یمسکها بیده ، إلا أن العم فاسیا كان متنبها وأوقفه قائلا :

— إنها ساخنة !

وأخيرا بردت قطعة القصدير فسمح العم فاسیا بأخذها .



عندما عادوا إلى البيت قال لیونیا متسائلا :

— ألا یعنى هذا بأن الحجر كان فى بادئ الأمر ساخنا ومنصهرا أيضا ؟

فردت علیه تانیا :

— وهو كذلك . هيا بنا نشاهد الفيلم وسنفهم عندئذ كل شىء .

شغلت تانیا جهاز عرض الأفلام فظهرت على الشاشة صورة جميلة ومخيفة

فى آن واحد . فى الصورة جبل عال یتصاعد من قمته عمود من اللهب والدخان

الأسود . وعندما تمعن الثلاثة فى الصورة رأوا أحجارا ساخنة حتى الاحمرار



تنطلق من قمته إلى الأعلى بفرقة شديدة ، ثم تنهافت ببطء إلى الأسفل وتساقط على سفح الجبل فتصبح مفلطحة كالرغيف ومن ثم تتمد .  
لاحظ الثلاثة حفرة كبيرة جدا في قمة الجبل . فقالت تانيا أن هذه الحفرة تسمى بفوهة البركان ، وهذه الفوهة تتحول في داخلها إلى بئر واسعة وعميقة جدا ، تتوغل إلى الأعماق حيث الأرض ساخنة لدرجة أن جميع الأحجار تنصهر وتصبح في حالة سائلة . وتسمى هذه البئر بفنجان البركان . وهذا الفنجان يقذف الأحجار الساخنة وكأنه مدفع ضخيم . فقالت تانيا إن هذه الأحجار السائلة تسمى بالقنابل البركانية .

وفجأة شاهد الصغار نهرا واسعا يجري من على حافة فوهة البركان . أمعنوا النظر فيه فعرفوا أن ما يتدفق فيه أحجار منصهرة . كانت هذه الأحجار سائلة كالقشدة الرائبة وحمراء كالبطيخ الناضج . كانت تغلي فتتصاعد منها الفقاعات كما يحدث عندما تغلي العصيدة على الموقد . وكانت أعمدة الهواء تتراقص فوق هذه الأحجار المنصهرة ، كما تتراقص فوق النار ، فعرف الصغيران بأن هذه الأحجار ساخنة . ظهرت الأحجار من جديد على الشاشة وهي تتساقط من الأعلى كالقنابل البركانية . وفجأة تقدم من إحدى هذه «القنابل» شخص ورمى فيها بقوة سكيناً ، فانغرزت فيها والتهبت كالخشب . وعندما تنحى الشخص الذى كان يرتدى بدلة خاصة لونها فضى وقناعاً من نفس اللون ، نط الصغيران من مكانهما وصاحا :

— بابا ! بابا !

حقاً كان أبوهما ، مع أنهما لم يريا وجهه بسبب القناع الذى يرتديه . لقد عرفاه من مشيته .

سأل ليونيا بعد انتهاء الفيلم :

— ألا يعنى ذلك أن هذا الحجر «قنبلة» بركانية ؟

ردت عليه تانيا :

— بالتأكيد إنه «قنبلة» بركانية .

— وكان سائلا بسبب الحرارة ؟

— نعم .

— وكان فى أعماق الأرض سابقا ؟

— نعم .

— وكان فى أعماق الأرض سابقا ؟

— نعم .

قالت ايريشكا :

— يا له من حجر مدهش !

السفرة إلى المصنع ، كالتى جاء وصفها فى القصة ، عمل مفيد ولكن لا يمكن تحقيقه دائما . لذا تقتصر على التجارب التى سيدور الحديث عنها فى القصة القادمة ، وهى تجارب تستخدم فيها مكعبات السكر أو شمع البارافين أو تجارب تجميد الماء .

من الضروري أن تلتفتوا انتباه الطفل إلى أن الحالة العامة للمادة تتوقف على الظروف التى توجد فيها . فإذا كانت المعادن فى الظروف الاعتيادية مواد صلبة ، فإنها تتحول عند درجات الحرارة العالية الى مواد سائلة ، وإذا كانت درجات الحرارة أكثر ارتفاعا ، فإنها تتحول إلى الحالة الغازية . ومن السهولة بمكان أن نتبع تغير الحالة العامة للماء (الحالة الصلبة لهذه المادة — الجليد ، الحالة السائلة — الماء ، الحالة الغازية — البخار) .

## الماء الصلب

علق ليونيا على الحائط قطعه من القصدير الشبيهة ببقعة الحبر وقال :  
— ليت عندنا فرنا كالذى رأيناه فى المصنع ، فنعمل الكثير من اللعب . فكرت ايريشكا قليلا وقالت :

— اللعب يمكن تحضيرها ليس من الحديد فقط ، بل ومن السكر

أيضا .

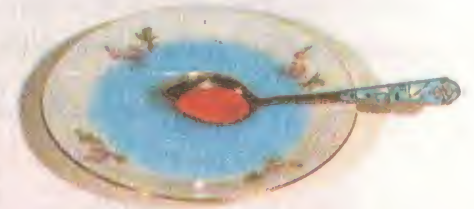


فسأل ليونيا منذهلا :

— من السكر ؟

كفت ايريشكا عن الكلام وباشرت بالعمل . أخذت قليلا من السكر في ملعقة للشاي ووضعتها على الطباخ الكهربائي . أشعلت الطباخ وظلت تنتظر .

أخذ السكر ينصهر ويملاً الملعقة كالماء . فالتقطت ايريشكا ملعقة أخرى ودهنتها بالزيت وسكبت فيها السكر السائل من الملعقة الأولى . وحتى لا تحترق يداها ارتدت قفازا من الصوف . بدأ السكر المصبوب في الملعقة الثانية يبرد . وبغية إسراع هذه العملية وضعت ايريشكا الملعقة في الماء البارد . وعندما برد السكر أخذت ايريشكا الملعقة وطوقت بها على الطاولة فوق السكر منها . لم يكن هذا السكر عاديا ، بل كان شوكولاتة لذيذة لونها بني ، ويذكرنا شكلها الخارجي بشكل الملعقة . أكل الصغيران هذه الشوكولاتة وصارا يفكران بما سيفعلانه بعد . — إحمل جندك القصديرين الي هنا — قالت ايريشكا وراحت تعجن الصلصال . عندما جاء ليونيا بجنده أخذت ايريشكا واحدا منهم وضغطته في عجين الصلصال ، فحصلت في الصلصال حفرة أو قالب بشكل الجندي .



سألت ايريشكا :

— ما الذي يمكننا صبه هنا ؟

— تعالى نصهر البرافين !

— هيا .

وضع الاثنان قدحا معدنيا على الطباخ وفي داخله عقب شمعة . وسرعان ما ماع عقب الشمعة وتجمع على قعر القدرح برافين سائل . ارتدت ايريشكا القفاز مرة ثانية ، كيلا تحرق يدها ورفعت القدرح من على الطباخ . تقدمت ايريشكا من الطاولة حاملة القدرح بيد ممدودة ، حتى لا ينسكب البرافين الساخن على ساقيها ، وبدأت تصب البرافين في القالب بحذر . ظل البرافين يبرد طويلا . الطبقة العليا منه باردة ، في حين كان داخله لا يزال منصهرا . بعد ثلث أو نصف ساعة برد البرافين بكامله فأخرجوا الجندي من القالب . قال ليونيا :

— اسمعي يا ايريشكا . الأرجح أن جنود القصدير صنعوا في المصنع بهذه الطريقة . والفرق هو أنهم صنعوا من القصدير وليس من البرافين .





بلورتها . وعندما فتحت تانيا عينيها ، اندهشت لهذه الشارة غير الاعتيادية  
وقالت :

— من أى مادة عملت هذه الشارة ؟

لزم الصغيران الصمت .

وعندما عرفت تانيا من أى شىء صنعت الشارة قالت بصوت عال :

— من الجليد !

فأومأت ايريشكا برأسها وقالت :

— من الماء الصلب !

إن عملية تحضير اللعب من الجليد غاية فى السهولة ، غير أنه  
يجب أن نتحلى بالصبر ، لأن الماء لا يجمد فى الثلاثة مباشرة . وحتى  
يمكن شك الشارة الجليدية (ولو لبضع دقائق) من الضرورى أن نضع إبرة  
خياطة فى القالب بحيث يبرز رأسها المدبب من الماء عندما نصبه فى  
القالب .



فكرت ايريشكا قليلا وقالت :

— لعلك على حق ! ثم أضافت فجأة : — ويمكن صنعهم من

الماء أيضا !

ظل ليونيا ينظر إليها طويلا دون أن يدرك كيف يمكن عمل لعبة من  
الماء ، فالماء سائل . وفجأة أسرع راكضا إلى غرفته وعاد حاملا قوالب خاصة  
للعب بالرمل . ملأ هذه القوالب بالماء ووضعها فى صندوق التجميد فى  
الثلاجة . وبعد ثلاث ساعات أخرج الجليد من القوالب . واندهش الاثنان  
للعب الجميلة التى حصلت . بعد ذلك عملا قوالب أخرى من الطين  
الاصطناعى وحصلا بواسطتها على طائرات ومراكب من الجليد ، بل  
وحصلا على شارة جميلة .

عندما جاءت تانيا إلى البيت أسرع الصغيران لاستقبالها فى الدهليز ،

وقالت ايريشكا :

— أغمضى عينيك !

أطاعتها تانيا وأغمضت عينيها . شكّت ايريشكا الشارة الجليدية فى



## لماذا ينزل المطر ؟

على قاعدة الشباك إبريق  
شاي فيه ماء ساخن . البخار  
ينطلق من فوهة الإبريق بقوة ،  
فتندى زجاج الشباك . إيريشكا  
كثيبة وترسم وجهها على الزجاج .  
وما أن انتهت من رسمه حتى  
بدأت الدموع تنهمر من عينيه . . .

عجبا ، هل يتحول الندى  
إلى ماء إذا برد ؟  
صحيح .  
في الصيف يكون الجو  
رطباً في الأيام الحارة . فالبخار  
يتصاعد فوق الشارع ، وفوق  
السكة الحديدية وفوق النهر .  
يتصاعد البخار فيحجب عن  
الرؤية تقريبا حتى الشاطئ .





لمقابل من النهر . بالطبع هذا البخار ليس كثيفا كالبخار المنطلق من فوهة إبريق الشاي ، والنهر أيضا كبير جدا بالمقارنة مع إبريق الشاي .

البخار يتصاعد ، فتحصل غيمة . إنها تجمع مزيدا من البخار ، فيبرد البخار فيها ، وعندها تبدأ الغيمة بذرف الدموع .

— أنت تعلمين يا ايريشكا بأن الماء يتبخر : البرك تنشف ، الأرض التي يبللها المطر تجف من جديد . في الهواء يوجد دائما بخار الماء ، غير أننا لا نراه ، لأنه غير مرئي . يتصاعد البخار إلى الأعلى فيبرد ويصبح مرئيا بشكل غيوم . إنها تتكون من قطرات مائية صغيرة جدا . وهذه القطرات متناهية الصغر والخفة ، بحيث إنها لا تسقط إلى الأسفل ، بل تطير كالزغب . وإذا ما بردت الغيمة كثيرا ، تتجمع هذه القطرات المائية مع بعضها فتصبح كبيرة وثقيلة وتقع على الأرض ، أي ينزل المطر . والآن فكرى يا ايريشكا من أين يأتي الماء إلى الترع والأنهار والبحار ؟ أفلا يمكن له أن يتبخر في الأنهار تدريجيا فتجف ؟

وأنت كذلك فكرى في السؤالين اللذين طرحتهما تانيا ، وأجب عليهما .

ركزوا انتباه الطفل على أن الماء في الطبيعة يتبخر بصورة مستمرة (تجف البرك وتنشف الملابس بعد غسلها ، وفي الأيام الحارة يتصاعد بخار الماء فوق النهر بصورة غير ملحوظة تقريبا . . . والخ) . ادرسوا ظاهرة تكثف البخار . ولهذا الغرض يمكن إجراء التجربة البسيطة التالية : نغطي قدرا فيه ماء يغلي بغطاء بارد . وبعد بضع دقائق عندما نرفع غطاء القدر نرى أن قطرات من الماء تتساقط منه . اطلبوا من طفلكم أن يفسر لكم سبب حدوث ذلك .

## لماذا يتساقط الثلج ؟

ايريشكا وتانيا في الغابة تتزلجان على الثلج بالاسكى . الثلج يتساقط ندفا والمنظر خلاب يبهر البصر .

صاحت تانيا : — لا تتأخرى يا ايريشكا .

أما ايريشكا فتقف مشدوهة وتنظر إلى يدها بعد أن مدتها بقفازاها الجميل إلى الأمام . ورجعت تانيا واقتربت من ايريشكا ثم وقفت معها أيضا . إنهما تقفان معا وتنتظران إلى ندف الثلج على القفاز الأحمر القاني . يا له من منظر جميل !

قالت تانيا : — أنظرى ، كل ندفة ثلج تتكون من بلورات ثلجية صغيرة جدا .

أما ايريشكا فكانت ترى ذلك بنفسها ولا تتمكن من صرف نظرها عنه . في اليوم التالي كان الجو صقيعا . ايريشكا وتانيا تتمشيان في محرات الحديقة الملفعة بطبقة خفيفة من الثلج . الشمس تشع والثلوج تتلأأ جميلة . وسألت ايريشكا :

— إنه لشيء غريب . . من أين تأتي الغيوم في الشتاء ؟ فالماء في هذا الفصل جامد !

— الماء يتبخر دائما . . في الشتاء والصيف ، إلا أن تبخره في الشتاء أبطأ .

ايريشكا تعرف أن تانيا لا تحب الخداع بتاتا ، ومع ذلك لم تصدق بأن الماء يتبخر في الصقيع أيضا . قالت لها تانيا :

— أنظرى إلى البياضات المغسولة . . إنها تجف في الصقيع . جاءت الاثنتان إلى فناء البيت حيث البياضات المغسولة منشورة على الجبال فلمستها ايريشكا بيدها .



— متجمدة ! أنظري ، عليها قشرة من الجليد !

أجابت تانيا :

— هذا يعني أن الجليد يتبخر . . فحتى المساء ستجف اليباضات رغم كل شيء . لن يبقى عليها لا جليد ولا ماء .

— والثلج أيضا يتبخر ما دام يتكون من بلورات جليدية صغيرة ؟

— أجل إنه يتبخر ، ولكن ببطء . والأرض واسعة جدا . . أنظري

كم من الثلج يغطي سطحها . كل هذا الثلج يكفي لتحصل غيمة واحدة ، ثم إن الغيوم تأتينا من المناطق الحارة أيضا ، فيتجمد البخار في الغيمة ويحصل الثلج .

أخرجت تانيا مفتاح الشقة من جيبتها وصارت تنفخ عليه . بدأ المفتاح يغطي بطبقة من الندى ، الذي سرعان ما تثلج . وكلما نفخت تانيا على المفتاح صارت طبقة الندى المتثلج أسمك وانتفشت حباته .

مررت تانيا يدها على المفتاح ، دون أن تخلع القفاز ، فتناثر الندى . ولم يكن من السهل القول بالتأكيد هل الذي يتناثر ثلج أم ندى متثلج . — إذن الثلج والندى المتثلج شيء واحد ؟

— نعم ، إن ندفات الثلج تحصل من جراء تجمد بخار الماء الموجود في الغيوم ، أما الندى المتثلج فهو بخار الماء المتجمد على الزجاج أو الحديد أو أغصان الأشجار وغيرها من الأشياء الأخرى .

عندما عادت تانيا مع ايريشكا إلى البيت ، سألتها ايريشكا :

— لماذا تكون ندفات الثلج جميلة الشكل ؟

فكرت تانيا قليلا وقالت :

— الجليد يتكون من جزيئات صغيرة للغاية ، لا يمكن رؤيتها حتى

بواسطة المجهر . ولهذه الجزيئات شكل سداسي الأضلاع .

تناولت تانيا المقص وقطعت بضعة سداسيات الأضلاع من الورق وبدأت







تحصل ، ولو لمرة واحدة ، على شكل دائري أو مربع .  
 ظلت ايريشكا فترة طويلة تتفرج على هذه النجيمات ومن ثم قالت :  
 — إنه لشيء غريب ، إذا كانت رؤية هذه الأشياء تستعصى على  
 الإنسان حتى بواسطة المجهر ، فكيف عرفها إذن ؟  
 لزمت تانيا الصمت قليلا ثم قالت :  
 — هذا من حدس الإنسان .  
 نظرت ايريشكا إلى تانيا ، فرأتها جادة في كلامها . وهذا يعني أن  
 كل ما قالته حقيقة .



تشرح لايريشكا قائلة :  
 — عندما تبدأ هذه الجزيئات الصغيرة تتجمع في كتلة واحدة ، فإنها  
 لا تتمكن أبدا من ان تكون شكلا دائريا أو مربعا . ولهذا السبب بالذات  
 يكون شكلها عندئذ مثل النجوم السداسية .  
 جربت ايريشكا أن تجمع من سداسيات الأضلاع الورقية شكلا ما آخر ،  
 إلا أنها لم تفجح . فقد حصلت على نجيمات مختلفة الأشكال ، ولم



تفحصوا ندفات الثلج مع طفلكم . كزروا تجربة تجمد البخار على الحاجيات المعدنية المبردة . واطلبوا من الطفل أن يفسر لكم هذه الظاهرة .



### أسئلة وتمارين

- ١ — لماذا يتصاعد الدخان إلى الأعلى في الجو الهادئ ؟  
ولماذا ينزل السخام الخارج من المداخن إلى الأرض ثانية ؟
- ٢ — تصوروا بأنكم عملتم كرة من الورق الرقيق ولكن لم يسمح لكم بإشعال النار . فكيف يمكنكم ملء الكرة بالهواء الساخن في هذه الحالة ؟
- ٣ — عندما تكون الكرة مملوءة بالهواء الساخن ، متى تصعد إلى الأعلى بصورة أسرع : في الصيف أم في الشتاء ؟
- ٤ — في الأيام المشمسة يصعد الهواء فوق الحقول المحروثة والشوارع والشواطئ إلى الأعلى . فلماذا ؟
- ٥ — متى تأتي الرياح بالفائدة على الإنسان ؟ ومتى تتسبب بالأضرار ؟

- ٦ — أذكر المكنات والوسائل واللعب التي يمكن أن تشتغل بواسطة الريح .
- ٧ — لماذا تكون الأحجار المندفعة عند ثوران البراكين سائلة ؟
- ٨ — هل يجوز لنا أحيانا أن نقول بأن الحديد سائل ؟ هل يمكن الحصول على بخار الحديد ؟
- ٩ — إلى أي شيء يتحول البخار عندما يبرد ؟
- ١٠ — من أية مادة تتكون ندفات الثلج والندى المتثلج ؟ كيف يمكنك إثبات ذلك ؟



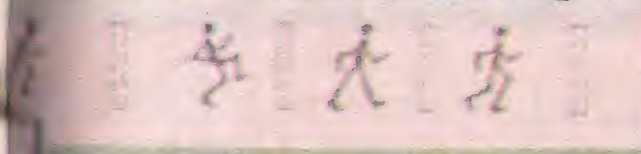
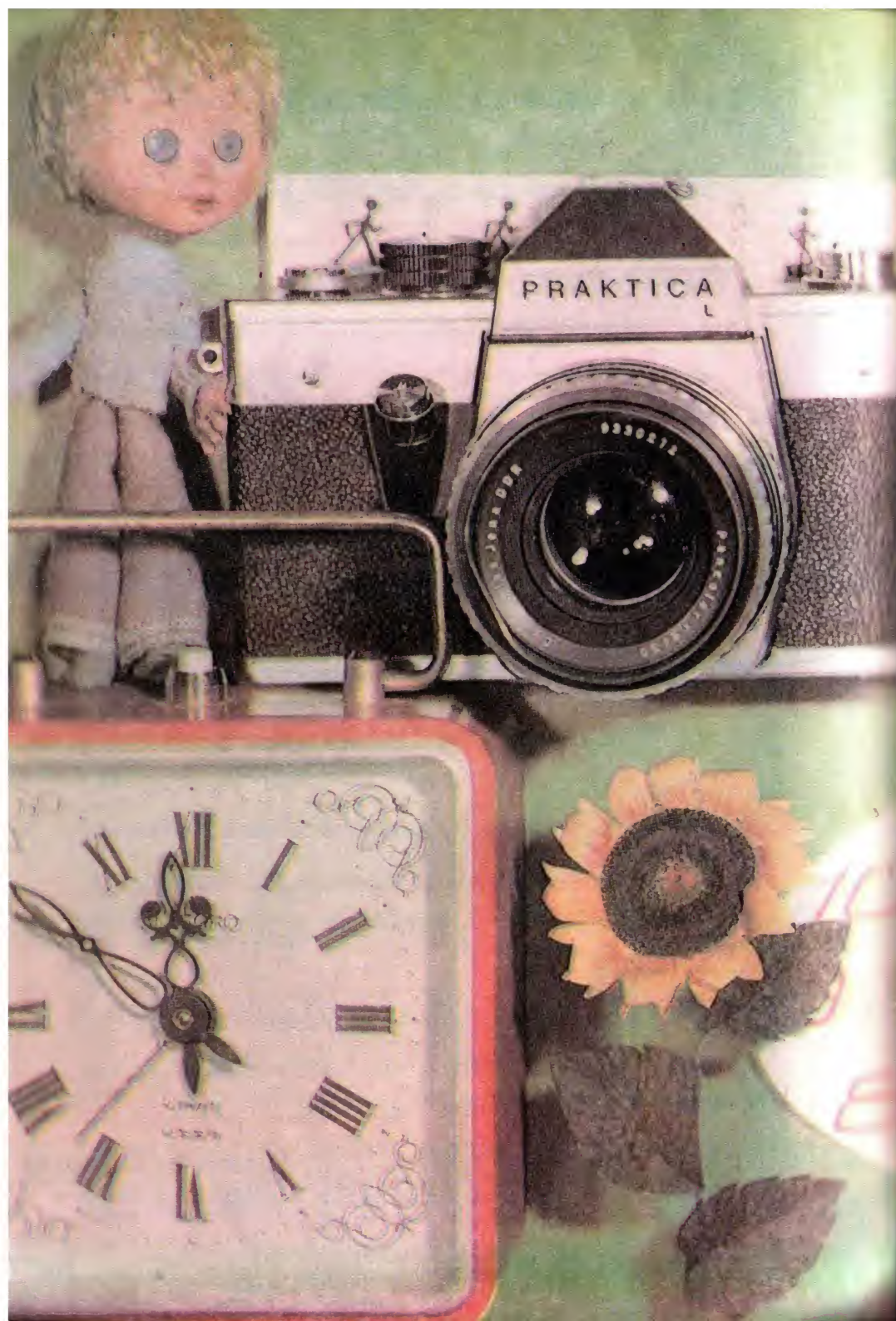
# الفراغ والحركة

الأفلام الكرتونية فى  
السينما

إحياء الجندي

من الذى تحرك ؟

الساعة الشمسية





## الأقزام الكرتونية فى السينما

ذات مرة عرض على شاشة التلفزيون فيلم أعجب به الصغيران كثيرا ، وكان اسمه «المفتاح الذهبى» . بعد انتهاء الفيلم ظل ليونيا طويلا يفكر بشيء ما ثم سأل :  
— هل الشخصية «بوراتينو» ممثل حقيقى ؟



— نعم انه حقيقى — اجابته تانيا .  
— والشخصية «بيرو» ايضا ؟  
— نعم .  
— والشخصية «مالفيئا» ؟  
— وهى ايضا .  
— ترى كيف اتسعت طاولة اعتيادية لوقوف ثلاثة اشخاص ؟  
قالت ايريشكا :

— ربما عملوا الطاولة بدرجة من الضخامة ، بحيث تبدى الناس الكبار عليها وكأنهم صغار ؟

قال ليونيا معترضاً :

— لكن بابا «كارلو» كان بالقرب منهم ، وكان واضحاً تماماً أن الطاولة ليست كبيرة !

لم تحاول تانيا هذه المرة أن تفسر للصغيرين أى شيء . غير أنها فى أقرب يوم أحد أخذت آلة تصوير سينمائية وتوجهت مع الصغيرين وصديقهما ايغور إلى الغابة . وعندما وصلوا إلى فسحة خالية قالت تانيا :

— هل تريدون أن أريكم خدعة بصرية ؟

اجاب الصغار :

— نعم .

وضعت تانيا آلة التصوير السينمائية على حامل ثلاثي وطلبت من ليونيا وايريشكا أن يقفا بجانب آلة التصوير ، أما ايغور فترجته أن يذهب إلى طرف المرج . ليونيا وايريشكا ينظران فى آلة التصوير ويريان ايغور واقفا بعيدا فى طرف المرج ، أما تانيا فإنها تقف بجانب آلة التصوير . بدا ايغور صغيرا من خلال عدسة آلة التصوير ، أما تانيا فبدت كبيرة . ومدت تانيا يدها فجأة أمام عدسة آلة التصوير ، فبان ايغور كما لو إنه يقف على راحة يدها . وصاح الصغيران :

— قزم ! قزم !

وراحا يرقصان ويصفقان .

أنظر إلى الصورة السينمائية التى التقطتها آنذاك ليونيا وايريشكا فتجد كيف يظهر ايغور واقفا على راحة يد تانيا ، غير أنه فى واقع الأمر يقف بعيدا من آلة التصوير . أما تانيا فتقف قريباً منها .



ولهذا السبب بالذات تبدو تانيا كبيرة ، ويبدو ايغور بدرجة من الصغر بحيث يمكنه الوقوف على راحة يد تانيا .

بعد أن تنزه الصغار في الغابة ، وعادوا إلى فناء البيت ، علموا زملاءهم الآخرين هذه الخدعة : تغمض عينا واحدة وتمد راحة يدك إلى الأمام وكل شيء جاهز : إنسان على راحة اليد . ويمكن وضع البيت على راحة اليد ، والمهم فقط أن يكون بعيدا عنك .



ولكن كيف كان الأمر بالنسبة للطاولة التي يقف عليها كل من «بوراتينو» و«مالفيينا» و«بيرو» ؟ هل كبيرة أم صغيرة ؟ أنظر إلى هذه الصورة من الفيلم السينمائي «المفتاح الذهبي» فستجد فيها أن السلم يتكون من نصفين ، يقف على أحدهما بابا «كارلو» و«بيرو» و«مالفيينا» فهو كبير جدا . إن النصف الكبير والأشخاص الواقفين عليه يقع بعيدا . ولما كان خط التماس بين نصفي السلم غير مرئي تقريبا فيتضح للناظر أن السلم قطعة واحدة ويقف عليه أقزام صغار .

إن التجارب التي تم شرحها في القصة أعلاه ، غير معقدة ويمكن إجراؤها دون صعوبة . وستكون هذه التجارب ممتعة للغاية لو وجدت عندكم آلة تصوير سينمائية أو آلة تصوير اعتيادية . ولغرض التصوير بطريقة التطابق المنظوري أو التصوير المركب التي تم شرحها في القصة أعلاه تكون أكثر ملاءمة آلة التصوير الانعكاسية وذات العدسات المعتمة وآلات التصوير المزودة بنظام ازالة اختلاف المنظر . وعند التقاط الصور بواسطة آلات التصوير التي ينعلم فيها هذا النظام من الضروري دائما أخذ اختلاف المنظر بعين الاعتبار ، كما توصي بذلك التعليمات . ويمكن أن تكون الصور التي تم فيها جمع اللعب والناس معا مثيرة للغاية . وبدلا من اللعب يمكن استعمال نماذج مصغرة للطائرات والقصور والقلاع المصنوعة من ورق الكرتون .

وغالبا ما يجري عند التصوير المركب التقاط صور لمتحدثين أحدهما يجلس أمام الطاولة والثاني إما ينظر إليه من داخل القدرح أو يقتعد السماور أو يروح ويحيى في المحبرة . ويمكن ابتداء أعداد كثيرة جدا من هذه الصور . وإن اشتراك الصغار في التقاط هذه الصور ومن ثم مشاهدتها سيبعث الرضى والارتياح العميق في نفوسهم .

أما التجربة التالية فهي ذات عبرة كبيرة . لو مسكنا بأصابع اليد الممدودة أمام عينا قطعة نقدية من فئة الفلس ، فيمكن بواسطتها حجب الشمس أو القمر . أطلبوا من طفلكم أن يفسر لكم السبب الذي يجعل الناظر على سطح الأرض يرى الشمس والقمر أصغر بكثير من الفلس . اشرحوا للصغير سبب حدوث ظاهرة الكسوف الطبيعية النادرة والجميلة جدا .

إن القمر بدورانه حول الأرض يتخذ أحيانا موقعا متوسطا تماما بين الأرض والشمس . ولما كانت المسافة من الأرض إلى الشمس أكبر بكثير منها إلى القمر فإن القمر يحجب الشمس وإن كان حجمها يزيد على حجم القمر مرات عديدة .



## إحياء الجندي

ذات مرة رسم ليونيا جنديا جميلا . وزاح يتطلع الى هذا الجندي ويقول :

— ليتني أتمكن من إحياء هذا الجندي فيسير !

— لكي يسير هذا الجندي ، لا بد من رسم جنود آخرين كثيرين . قفى يا ايريشكا عند الحائط وأرينا كيف يسير الجنود . وقفت ايريشكا عند الحائط وأخذت وضعها يشبه الجندي السائر ، فرسمها ليونيا بسرعة .

أصدرت تانيا أمرا لايروشكا لتحرك ساقها قليلا إلى الأمام . نفذت ايريشكا هذا الأمر فرسمها ليونيا مرة أخرى .

أنظروا إلى ما رسمه ليونيا بعد أن حركت ايريشكا ساقها

ثمانى مرات .



قالت تانيا :

— طيب . فلنقص الشريط الورقي الذي رسم ليونيا الجنود عليه ونقطع فتحات مستطيلة على شكل شقوق ضيقة بين الصور

الثمانى فى الشريط . والآن نلف هذا الشريط فى حلقة بحيث تكون الرسومات فى داخلها ومن ثم نلصق طرفيه .

وضعوا الشريط المصقوق على القرص الحامل للأسطوانات فى الحاكي وشغلوه . القرص يدور فتدور معه الحلقة الورقية أيضا . سأل ليونيا :

— ثم ماذا ؟

ردت عليه تانيا :

— تعال إلى هنا ، وانحن قليلا وانظر إلى هذه الرسومات من خلال الفتحات .

تقدم ليونيا وصار ينظر إلى الرسومات بعد أن انحنى قليلا . ظل فى البداية فاغر الفم من جراء الدهشة . ومن ثم استرسل بالضحك . ضحك الجميع — ايريشكا ضحكت لأنها مثل ليونيا رأت على الوجه الداخلى للحلقة الورقية فرقة كاملة من الجنود تسير بانتظام ، أما تانيا فتضحك لأنها تنظر إلى ليونيا وايريشكا وهما





مسترسلان في الضحك . وعندما بدأ الثلاثة سأل ليونيا :

— لماذا بدأ الجنود يسيرون ؟

— ذلك لأن القرص عندما يدور والحلقة الورقية عليه ، نرى بصورة خاطفة الجنود الذين رسمت سيقانهم كل مرة في وضع يختلف قليلا عن سابقه . ولما كانت الصور تتبدل بسرعة كبيرة فنحن لا نلاحظ تبدلها ، فيبدو لنا أن سيقان الجنود تتحرك . كانت هذه اللعبة قد أعجبت الصغار كثيرا حتى عملوا بضع حلقات أخرى من هذا الشكل ورسموا عليها إنسانا يدق المسمار بالمطرقة وبناتا تقفز بالحبل وولدا يتزلج على الزلاجات . . .

تسمى هذه الحلقة الستروبوسكوب (وهو منظار دوامى يرى به الجسم الدائر بنفس السرعة وكأنه ساكن) . ارسم جنودا ، أو أية أشكال أخرى ، كما فعل كل من ليونيا وإيريشكا . اقطع فتحات على شكل شقوق بين هذه الصور وقص الورقة على شكل شريط تبقى فيه هذه الرسومات ولف الشريط في حلقة والصق طرفيها ، فتحصل عندئذ على ستروبوسكوب . وبعد أن تنتهى من إجراء التجربة بواسطة الستروبوسكوب حاول تفسير السبب الذى يجعل الشخصيات المرسومة في أفلام الكرتون تتحرك على الشاشة .

إن تركيب جهاز الستروبوسكوب ليس صعبا ، ومن الأفضل لو قام الطفل لوحده بتحضير الجهاز وفقا للمبادئ المشروحة في القصة أعلاه . وتجدر الإشارة إلى أن خطوط الرسم على الورقة يجب أن تكون غليظة وواضحة بشكل كاف . أما الجهة الخارجية للحلقة الورقية فيجب أن تصنع بلون أسود .

## من الذى تحرك ؟

ذات مرة ركب إيريشكا وليونيا وتانيا القطار إلى خارج المدينة . الثلاثة جالسون ينظرون فى الشباك . وفجأة اهتز كل شىء خارج الشباك وتحرك إلى الوراء .

قال ليونيا مبتهجا :

— تحركنا !

فسألت تانيا مبتسمة :

— من الذى تحرك ؟





— نحن بالطبع .

صمتت تانيا وراحت تنظر فى الشباك من جديد . وفجأة رأى ليونيا أن القطار الذى كان يقف وراء الشباك قد مر ، أما القطارات الأخرى والأعمدة الكهربائية على الرصيف وبنية المحطة فقد ظلت كما كانت سابقا . هل يعنى ذلك أن القطار الذى نجلس فيه لم يتحرك ، بل الذى تحرك هو القطار الذى كان يقف وراء الشباك ؟

ظل القطار واقفا فترة من الوقت . ومن جديد اهتز كل شيء ، ولكن فى هذه المرة لاحظ ليونيا بأن الذى تحرك ليس القطار الذى كان يقف وراء الشباك فقط بل والأعمدة الكهربائية وبنية المحطة . قالت تانيا :

— الآن تحركنا نحن ، انظر إلى تلك القرية ! كيف تمر سريعا بجانبنا ! نحن نقف ، أما هى فتنتقل بجانبنا سريعا . قال ليونيا :

— كلا ، نحن نتحرك ، انظرى إلى الأولاد كيف يلوحون بأيديهم لنا . قالت ايريشكا :

— بالطبع يخيّل إليهم أنهم واقفون والقطار يتحرك . أما نحن فيخيّل إلينا بأن القطار واقف وهم يتحركون . وعندما ترك الثلاثة القطار وظلوا واقفين على رصيف إحدى المحطات الصغيرة قالت تانيا :

— إن كنا نتحرك أو نقف فهذا يعود إلى المكان الذى ننظر منه . نحن الآن نقف على الرصيف دون حركة ، ولكن لو نظر أحد ما إلينا من القمر بواسطة تلسكوب ضخم جدا لرآنا نتحرك سوية مع كوكبنا الأرضى .

إن مبادئ نسبية الحركة التى صاغها لأول مرة العالم الايطالى العظيم غاليليو ، وبعده على مستوى أكثر عمقا ، العالم ألبرت اينشتين فى نظرية النسبية ، معقدة ويصعب على الصغار تفهمها . إلا أن واقع نسبية الحركة واضح بحد ذاته ويسهل شرحه بواسطة الأمثلة الواردة فى القصة أعلاه ، لذا فمن الضرورى إطلاع الصغار عليه .

### الساعة الشمسية

ليونيا وايريشكا يتنزهان فى الغابة . مل الاثنان من التجول فاستلقيا على الحشيش وصارا يتشمسان . غفت ايريشكا ، اما ليونيا فما زال مستلقيا وليست له رغبة فى النوم . اقترب ظل الشجرة منه ، فابتعد ليونيا الى الشمس واستلقى فيها من جديد . ظل فى مكانه قليلا من الوقت فإذا بالظل يقترب منه ثانية ، فابتعد مرة أخرى . بقيا طوال النهار يتشمسان . وليونيا طوال النهار أيضا يهرب من الظل .

فى صباح اليوم التالى ابتدع ليونيا ساعة شمسية . رسم على الرمل دائرة وعرز عصا فى مركزها . الشمس تتحرك فى قبة السماء وظل العصا يتحرك أيضا . أما الصغيران فكانا بعد مرور كل ساعة من الزمن يؤشران المكان الذى يقطع ظل العصا فيه خط الدائرة . فى اليوم التالى جلس الجميع بالقرب من الساعة ليجربوها .

سألت ايريشكا من أحد المارة :

— كم الساعة الآن رجاء ؟



أجابها الرجل :

— الساعة تماما .

هتف الصغيران فرحين وراحا  
يصفقان مسرورين لأن ظل العصا  
انطبق على الإشارة التي رسماها  
على الرمل يوم أمس في الساعة  
السابعة أيضا . كتب الصغيران  
بالقرب من هذه الإشارة الرقم ٧ .



إنهما فرحان لأن ساعتهم مضبوطة . لا يزال ليونيا وإريشكا جالسين  
بالقرب من الساعة . وفجأة سمعا زينا لجرس منبه من الشباك  
المفتوح في البيت الكبير الذي كانت أشعة الشمس الصباحية قد  
أضاءته بكامله .

وهتف الصغيران معبرين عن سرورهما لأن ظل العصا انطبق  
على إشارة الرقم ٨ . انتظرا ساعة أخرى فاقترب ظل العصا من  
إشارة الرقم ٩ ، إلا أنه لم يلامسها . فقلقا لهذا كثيرا : هل  
ستشير الساعة هذه المرة إلى الوقت بصورة مضبوطة أم لا ؟ وفي  
نفس اللحظة عندما انطبق ظل العصا على الإشارة سمع صوت  
الراديو من أحد الشبايك يقول : «الساعة في ستوديوهات إذاعة  
نوفوسيبيرسك تمام التاسعة . اليكم نشرتنا الإخبارية» . عرف الصغيران  
أن ساعتهم تعمل بدقة . إلا أنه عندما اقترب الظل من الرقم ١٠  
حدث شيء غير متوقع . في البداية سمع من الشباك المفتوح صوت  
دقات ساعة الكرملن ، وعزفت فرقة موسيقية السلام الوطنى للاتحاد  
السوفييتى ، وبعد ذلك قال مذياع الراديو : «أسعدتم صباحا !  
في موسكو الساعة السادسة . نبدأ بث برامجن» .

تسمر ليونيا مندهشا ، لأن الساعة الشمسية لم تخطئ  
قبل ذلك في تبين الوقت المضبوط ! فلماذا إذن قالوا في الراديو :  
«في موسكو الساعة السادسة» أما ساعتهم فتشير إلى العاشرة ؟  
إيريشكا أول من حزر السبب وبدأت تفسر لليونيا . أخذت كرة  
كبيرة ورسمت بالطباشير نقطة على أحد نصفيه وكتبت الحرف  
الروسى «H» مشيرة إلى مدينة نوفوسيبيرسك .

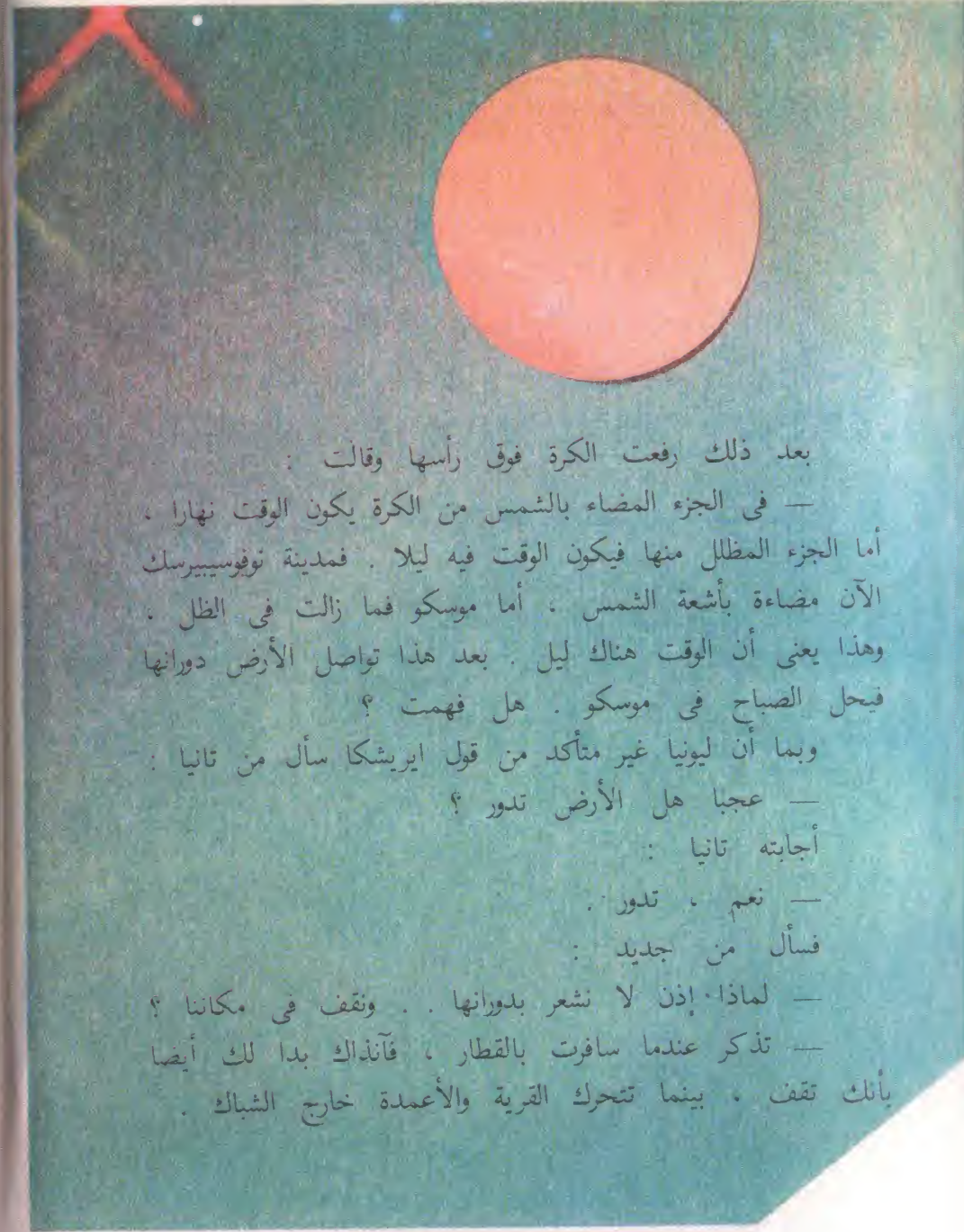
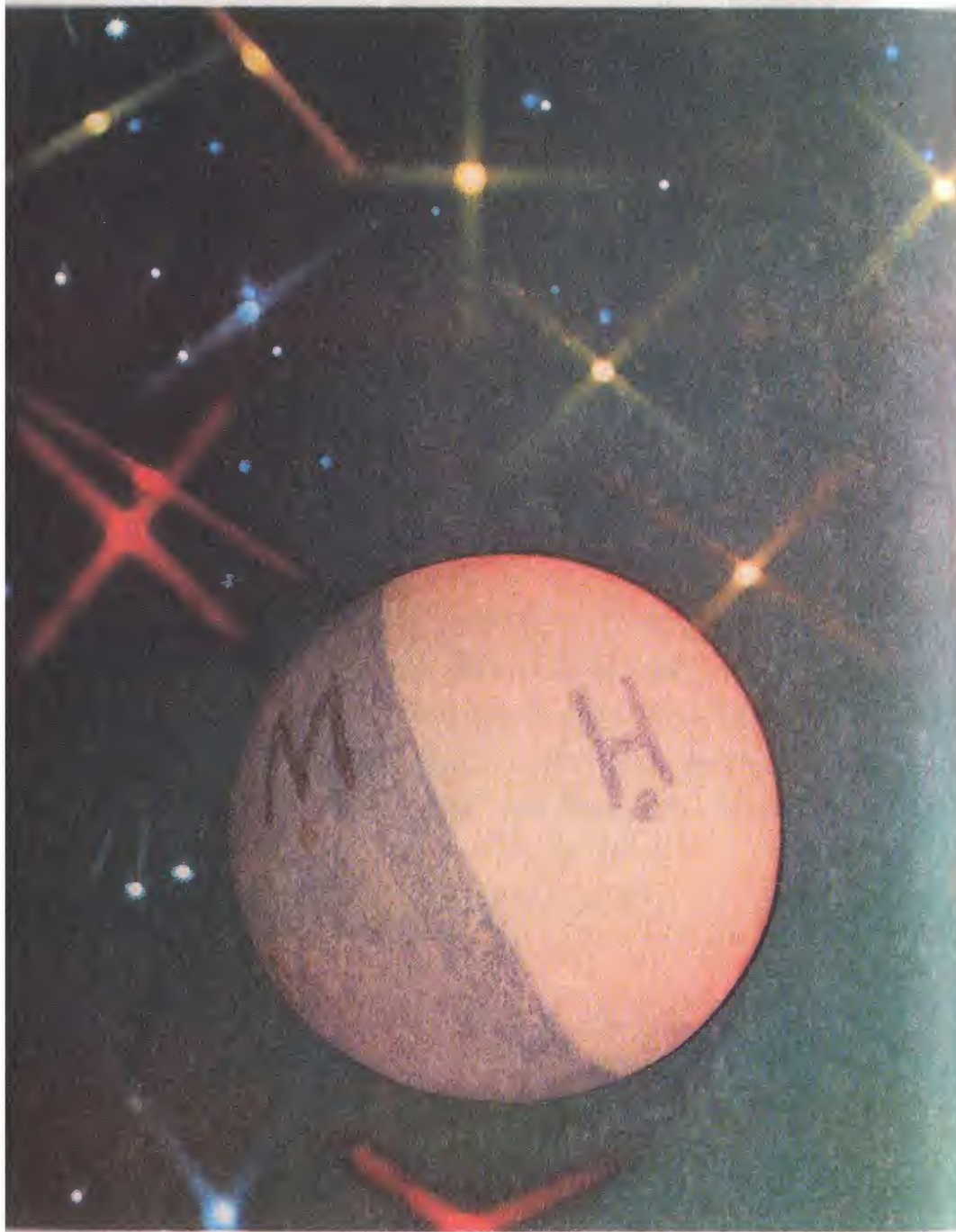
— هذه نوفوسيبيرسك .

بعد ذلك رسمت نقطة أخرى وكتبت بالقرب منها الحرف «M» .

— وهذه العاصمة موسكو .







بعد ذلك رفعت الكرة فوق رأسها وقالت :  
 — في الجزء المضاء بالشمس من الكرة يكون الوقت نهارا ،  
 أما الجزء المظلل منها فيكون الوقت فيه ليلا . فمدينة توفوسبيرسك  
 الآن مضاءة بأشعة الشمس . أما موسكو فما زالت في الظل .  
 وهذا يعني أن الوقت هناك ليل . بعد هذا تواصل الأرض دورانها  
 فيحل الصباح في موسكو . هل فهمت ؟  
 وبما أن ليونيا غير متأكد من قول ايريشكا سأل من تانيا :  
 — عجباً هل الأرض تدور ؟  
 أجابته تانيا :  
 — نعم ، تدور .  
 فسأل من جديد :  
 — لماذا إذن لا نشعر بدورانها . . ونقف في مكاننا ؟  
 — تذكر عندما سافرت بالقطار ، فآنذاك بدا لك أيضا  
 بأنك تقف . بينما تتحرك القرية والأعمدة خارج الشباك .





## أسئلة وتمارين

- ١ — تصور أنه لا يوجد في مدينتك مطار حقيقي ، وأنت في حاجة إلى مطار فيه طائرات كبيرة لتصوره في الفيلم السينمائي الذي تقوم بتحضيره . كيف يمكنك عمل ذلك ؟
- ٢ — افرض أن لديك لعبة على شكل قلعة وتريد أن تصور زملاءك في هذا الفيلم بالقرب من قلعة حقيقية . كيف ستقوم بذلك ؟
- ٣ — أطلق لخيالك العنان وتصور بأنك تريد أن تكون عملاقا . كيف يمكنك عمل ذلك في الفيلم السينمائي أو عندما تلتقط صورة فوتوغرافية ؟
- ٤ — لاحظ عندما تتركب الأرجوحة الدوارة (دولاب الهواء) كيف يبدو لك بأنك واقف في مكانك ، أما الأشجار والبيوت فتدور .
- ٥ — لماذا لا نشعر بدوران الكرة الأرضية ؟
- ٦ — لماذا يكون الوقت في كثير من المدن مختلفا ، فمثلا إذا كان الوقت في موسكو الساعة الواحدة ظهرا ، ففي سفيردولوفسك يكون الساعة الثالثة بعد الظهر ، وفي نوفوسيبيرسك الخامسة وفي أركوتسك السابعة ؟

فحزر ليونيا :

— الذي يبدو متحركا الآن ليس القرية ، بل الشمس ، ففي الصباح هي في الشرق وبالنهار في الجنوب ومساء في الغرب . هل هذا صحيح ؟

أجابته تانيا :

— صحيح . وهناك سبب آخر يجعلنا لا نشعر بدوران الأرض . فهي تدور برفق ، ولا تهتز كالسيارة أو القطار ، كما أنها تدور ببطء كبير . ولكي تدور الأرض دورة واحدة ينبغي أن ننتظر يوما كاملا : نهارا وليلا .

إن تركيب الساعة الشمسية التي دار الحديث عنها أعلاه غير معقد . إلا أن هناك عيبا في عملها فهي تكف عن العمل بصورة دقيقة بعد فترة وجيزة . فبعد أسبوعين يكون الخطأ في الوقت الذي تشير إليه واضحا . والسبب يكمن في أن ارتفاع المدار الذي تسلكه الشمس في قبة السماء يختلف من موسم لآخر . وإن الشمس تكون فوق نقطتي الشرق أو الغرب ليس في وقت واحد خلال مواسم السنة المختلفة . لذلك فمن الضروري ، لو أردتم عمل ساعة شمسية تشتغل على الدوام ، أن تغيروا تركيبها بعض الشيء ، بوضع العصا المؤشر ، مائلا نحو الشمال . وإن زاوية ميل العصا يجب أن تطابق بدقة خط العرض الذي تقع عليه مدينتكم أو قريبتكم . ويمكن أن نحدد خط العرض اللازم بصورة تقريبية ولكن بالدقة الكافية لنا ، بعد أن نقوم بواسطة المنقلة والشافول بقياس ارتفاع النجمة القطبية فوق خط الاستواء .

لوحملنا إلى خارج البيت ساعة يخلو قرصها من التقسيمات ، وتمكنا من توجيه مؤشرها نحو الشمال تماما ، فيمكننا عن طريق مراقبة وضع ظل المؤشر كل ساعة أن نقسم هذا القرص .



# القصور الذاتى والدفع النفسى

العجلات الكسولة

ليونيا يصبح ساحرا

الصاروخ وعلبة الصفيح

اللعبة النفاثة

اللعبة التى غزت الفضاء

ما حاجة السفينة إلى  
الأشعة ؟

الطاحونة القديمة

لماذا تطير طيارات الورق ؟





## العجلات الكسولة

تعطلت عربة القطار ويراد تبديل عجلاتها . يوجد زوج من العجلات على السكة الحديدية ، بالقرب من حظيرة القطارات . تقدم العامل منه وانهاه عليه ، في محاولة منه لتحريكه . غير أنه لم يدعن له ، فانهاه عليه من



جديد ولم يفلح في ذلك . وبعد أن بذل قصارى جهده تحركت العجلتان الكسولتان من مكانهما . . وها هما تتدحرجان . حان الوقت لتتوقفا ، إلا انهما تواصلان الحركة . العامل يذل كل جهده لايقافهما ، وهما لا تريدان التوقف .

بعد جهود مضنية بذلها العامل توقفت العجلتان العنيدتان . ولكن العجلات ليست بالشيء الوحيد الذى على هذه درجة من «الكسل» و«العناد» .



وضعت ايريشكا على الأسفلت كرتين ، إحداهما ثقيلة والأخرى خفيفة . دفعت الكرة الثقيلة فاصطدمت بالخفيفة وواصلت تدحرجها . وكأنه لم يحدث شيء . بعد ذلك كررت ايريشكا العملية بالعكس ودفعت الكرة الخفيفة ، فاصطدمت بالكرة الثقيلة . من أين للكرة الخفيفة القوة حتى تحرك هذه الكرة الثقيلة «الكسولة» من مكانها ! فارتدت عنها جانبا . وهذا يعنى أن الحاجيات الثقيلة «أكثر كسلا» من الخفيفة .

الصغار جالسون على المقعد الخلفى فى الباص . الركاب قليلون . وتوجد بالقرب من الصغار على أرضية الباص كرة مطاطية صغيرة . وفجأة اشتعل الضوء الأحمر عند مفترق الطرق ، فداس سائق الباص على دواسة الفرملة . بدأ الباص بالتوقف . تدحرجت الكرة على الأرضية من المقاعد الخلفية حتى مقدمة الباص وتوقفت عند قمرة السائق . وقف الباص برهة وتحرك من جديد . إلا أن الكرة الكسولة لا تريد السفر . فالباص تحرك إلى الأمام أما الكرة فتدحرجت إلى الوراء نحو الصغار . من الأصح القول بأن الكرة لم تتدحرج فى أى اتجاه ، وأنها لازمت مكانها ، أما الأطفال فتقدموا إليها مع الباص .

ليس للحاجيات ذنب فى أنها كسولة وعنودة . وبغية عدم «الإساءة» إلى هذه الحاجيات يستعمل الفيزيائيون مصطلح «القصور الذاتى أو الاستمرارية» بدلا من «الكسل» و«العناد» . «فالقصور الذاتى» يلازم كل الحاجيات والأشياء . ليونيا يتزلج على الرصيف بقبقاب الزلق . انطلق ، بسرعة ، ولم يشاهد الحفرة الموجودة على الرصيف . توقف القبقاب ، أما ليونيا فواصل حركته إلى الأمام بفعل القصور الذاتى . إنه لا يسير بل يطير مادا ذراعيه إلى الأمام حتى لا يقع ويصطدم أنفه بالأسفلت . نهض ليونيا وشعر بورم على جبينه . كل هذا بسبب القصور الذاتى !



قد تكون أنت أيضا صادفت القصور الذاتي . فتذكر . ربما كنت ذات مرة تركض وفجأة عثرت رجلاك بشيء ما . فتوقفتا . أما أنت فواصلت حركتك إلى الأمام بفعل القصور الذاتي ، إلى أن وقعت على الأرض . ويحدث العكس أيضا . تقف الحافلة في مكانها وتحرك فجأة من مكانها . الحافلة تحركت والركاب ما زالوا جالسين دون حركة . ولهذا السبب نرى الركاب يستلقون إلى الخلف .

من الضروري أن نركز انتباه الطفل على أن القصور الذاتي خاصية ملازمة للحاجيات والأشياء ، ولا توجد حاجيات لا تمتلك القصور الذاتي . ويجب أن لا يغيب عن البال أن القصور الذاتي يظهر ليس فقط عندما تكف الأجسام المتحركة عن الحركة ، بل وعندما يبدأ الجسم الساكن بالتحرك . وبشكل عام إن أى تغير في سرعة الجسم أو في اتجاه حركته ، يؤدي إلى ظهور القصور الذاتي .

## ليونيا يصبح ساحرا

ذات مرة قرر ليونيا أن يكون ساحرا وأن تكون ايريشكا مشرفة فنية له . فهي تبتدع الألعاب السحرية وتعلمه إياها . وإليك ما قدما من ألعاب سحرية :

### اللعبة السحرية ١

الصغيران يعلقان سنجة بواسطة خيط رفيع جدا ويربطان بها خيطا غليظا يتدلى إلى الأسفل . المطلوب سحب الخيط الغليظ حتى ينقطع بينما يبقى الخيط الرفيع دون تضرر . سحب ليونيا الخيط الغليظ المتدلى ، فانقطع الخيط الرفيع رأسا وكادت السنجة تقع على ساقه .

صاحت المشرفة الفنية :

— أخطأت ، يجب أن تتله بسرعة بحيث لا يتسنى للسنجة التحرك من مكانها ، فهي ثقيلة وكسولة . أخذت ايريشكا نهاية الخيط الغليظ ، وثلته بسرعة مرة واحدة ، فإذا به ينقطع والخيط الرفيع يبقى على حاله وكأنه لم يحدث شيء . قال الساحر وهو يهز رأسه : — مدهش .







الصغيران يعلقان مسطرة خشبية بواسطة حلقتين ورقيتين . المسطرة معلقة من طرفيها بالحلقتين الورقيتين ، اما الحلقتان فمعلقتان على مسطرتين معدنيتين يحملهما ليونيا بيديه . لوح ايريشكا بعصا غليظة وأنزلت ضربة بالمسطرة ، فتطايرت شظاياها هنا وهناك ، أما الحلقتان فبقيتا دون تضرر . شيء غريب ! وفي هذه اللحظة دخلت تانيا الغرفة ورأت هذه اللعبة السحرية . فقالت : — يمكن عمل ذلك دون أن تعلق المسطرة الخشبية بتاتا ، فإنها

مع ذلك تتحطم .

تناولت تانيا مسطرة أخرى ورمتها إلى الأعلى . وأنزلت بها ضربة بالعصا ، فصدرت قرقرة وانقسمت المسطرة الخشبية إلى قسمين وقع كل منهما في مكان . وسألت تانيا :

— لماذا ؟

غرق الصغيران في التفكير . ولم يتمكنوا من معرفة السبب . قالت تانيا : — عندما اصطدمت العصا بالمسطرة تحرك الجزء الوسطى منها إلى الأمام من جراء هذه الضربة ، أما طرفاها فبقيا في وضعيهما بفعل القصور الذاتي . كان انحناء المسطرة بسبب ذلك شديدا لدرجة جعلها تنكسر .



وضع ليونيا يده على الطاولة ، فوضعت تانيا على راحة يده آجرة وعلى الآجرة جوزة . تناولت ايريشكا مطرقة وضربت بها الجوزة . الجوزة تحطمت وليونيا لم يصب بأذى ولم يشعر بألم . أكل الصغيران لبة الجوزة وابتدعا لعبة سحرية أخرى . وضعت تانيا في راحة يد ليونيا آجرة وعليها آجرة أخرى . ايريشكا طرقت بالمطرقة على الآجرة العليا فانقسمت إلى نصفين ، أما يده فلم تشعر بأي ألم ! تلك تجربة مخيفة ! لكن تانيا تقول ضاحكة :

— هل تعرفان لماذا لم تشعر اليد بالألم ؟

قالت ايريشكا :

— لأن الآجرة ثقيلة وكسولة . فعندما طرقتها بالمطرقة بقوة ، لم ينسني لها التحرك من مكانها ، لذلك لم تشعر اليد بشيء . وأخيرا ابتدع ليونيا أيضا لعبة سحرية .

وضع ليونيا على راحة يده بطاقة بريدية وعلى البطاقة قطعة نقدية . فصرّب ليونيا بأصبعه طرف البطاقة ضربة خاطفة فانزلت البطاقة على راحة يده



ووقعت ، أما القطعة النقدية التي كانت على البطاقة فبقيت دون أن تتحرك .  
تلك لعبة مثيرة ناجحة !  
ظل الثلاثة ينتدعون الألعاب السحرية طوال المساء .



قد تكون السنجة في اللعبة السحرية الأولى غير متوفرة ، لذا يمكن استبدالها بأية حاجة أخرى ثقيلة ، كالمطرقة مثلا . والشرط الوحيد الذي يؤدي إلى نجاح هذه اللعبة السحرية هو الحركة السريعة لليد أثناء محاولة قطع الخيط الغليظ . وبالإضافة إلى ذلك يجب أن يكون الخيط الرفيع الذي تعلق به السنجة أو المطرقة من المتانة بحيث يتحمل بسهولة الحمل المعلق به ولا ينقطع بسبب ثقله .

والأفضل أن نندرب على هذه التجربة قبل الشروع بتنفيذها أمام الصغار . ففي سياق هذا التدريب يمكنكم بسهولة تحديد السمك الضروري لهذا الخيط وتجربته . وعندما يقوم الصغار بتنفيذ هذه التجربة انصحوهم بأن يقوموا بذلك ويدهم ممدودة . وهذا ضروري جدا حتى لا تقع السنجة على ساق الصغير عند فشل التجربة (إذا انقطع الخيط الرفيع فجأة) .

وبالنسبة للتجربة الثانية من الضروري أن يكون سمك المسطرة الرئيسية حوالي ٥ مم ، أما العصا اللازمة لكسر هذه المسطرة فيجب أن يكون سمكها في حدود ١-٢ سم . وبالنسبة للحلقتين الورقيتين يمكن أن يكون سمكهما وعرضهما اختياريين ، لأن المسطرة تنكسر بغض النظر عنهما . والمهم فقط ، كما كانت الحال في التجربة السابقة ، هو عدم تمزق الحلقتين بسبب ثقل المسطرة قبل الشروع بإنزال الضربة بها بواسطة العصا . ويمكن تحضير هاتين الحلقتين مثلا من شريط ورقي عرضه ١ سم نقصه من ورقة الدفتر المدرسي . ويجب أن تكونوا على علم بأن نجاح التجربة يتطلب ضربة خاطفة .

إن التجربة بواسطة الآجرتين تبدو للوهلة الأولى خطيرة ، ولكنها في واقع الأمر ليست أكثر خطرا من التجريبتين السابقتين . والمهم فقط أن نتلافى وقوع شظية أو كسرة من الآجرة في العين ، علما بأن الآجرة عادة تنكسر بدون شظايا . وإذا كان يصعب عليكم أو على الطفل قبل الضربة ، التغلب على وجس الألم الذي قد تحدثه تلك الضربة ، جربوا في البداية ضربة خفيفة ومن ثم أقوى فأقوى بالتدرج . وستأكدون في هذه الحالة بأنكم ستمكنون من كسر الآجرة الثانية فضلا عن الجوزة دون إلحاق الأذى باليد . ونحيطكم علما بأن هذه التجربة كانت سابقا تجري في السيرك بنجاح . ينطح اللاعب على ظهره على السجادة ويضعون على صدره سندانا . أما اللاعب الثاني فيضرب السندان بالمرزبة بكامل قواه . وخلافا لمشاهدي السيرك المذعورين تعلمون جيدا بأن هذه التجربة مأمونة ، طبعا إذا لم يخطئ حامل المرزبة السندان أثناء إنزال الضربة . أما التجربة الأخيرة فهي في غاية السهولة .



## الصاروخ وعلبة الصفيح

ليونيا وتانيا يتشمسان على ساحل البحر . تانيا نعسة ، أما ليونيا فينظر في السماء . وفجأة رأى ليونيا طائرة نفثة تحلق عاليا فسأل :

— لماذا تتحرك الطائرة النفثة إلى الأمام ، ما الذى يدفعها ؟

— إن الغازات الساخنة تنطلق من خلف الطائرة فتدفعها إلى الأمام .

— إنى لا أفهم شيئا .

نهضت تانيا وتقدمت من الزورق الذى كان راسيا بالقرب من الساحل ووضعت فيه حجرا ثقيلًا . طافت بنظرها فيما حولها فرأت كومة من الأحجار . وبدأت تنقل هذه الأحجار إلى الزورق . وساعدها فى ذلك ليونيا أيضا . وعندما تجمعت كمية كافية من الأحجار فى الزورق ، دفعا الزورق عن الساحل وقفزا إليه . تحرك الزورق بفضل القصور الذاتى قليلا ووقف من جديد . عندئذ نهضت تانيا من مكانها فى الزورق وتناولت بيدها حجرا وصارت تقول :

— ها أنا آخذ حجرا ، إنه ثقيل وكسول ، قصوره الذاتى كبير . سأرميه إلى الراء ولكنه لا يريد الانطلاق رأسا ، لذا أرتد انا عنه .

— واحد ! — رمت تانيا الحجر خارج الزورق فى الماء . كان ثقيلًا ، وليونيا لاحظ بأن تانيا انحنت كثيرا إلى الأمام ، أما الزورق فهو الآخر تحرك قليلا . وتناولت تانيا حجرا آخر .

— اثنان ! — وانطلق حجر آخر إلى الراء أما الزورق فتحرك قليلا إلى الأمام .

— ثلاثة ! — تحرك الزورق هذه المرة أسرع من ذى قبل . وراحت تانيا تعد : — أربعة ! ... خمسة ! ... ستة ! وتبذل قصارى جهدها فى رمى الأحجار من مؤخرة الزورق إلى الماء ،



أما الزورق فكان فى هذا الوقت يتحرك إلى الأمام أسرع فأسرع .

صاحت تانيا وعلامات السرور على وجهها :

— أنا أرمى الأحجار من مؤخرة الزورق ، أما هى فتدفع به إلى الأمام ، هذا يعنى أن زورقنا نفث !

لم يكن ليونيا يفكر بأنه يمكن بهذه الطريقة تحريك الزورق فى الماء لذا شعر بالخوف بعض الشيء وقال :

— يا للعجب ، إنه يتسارع !

نفدت الأحجار جميعها ، والزورق ما زال يواصل حركته بفعل القصور الذاتى إلى الأمام . أما المياه الهائجة عند مؤخرته ومقدمته وتحت قاعه فتفرمل حركته بالتدريج ، فصار يتحرك أبطأ فأبطأ ومن ثم كف عن التحرك . وعندما ترك ليونيا وتانيا الزورق وباتا على الساحل ، أخذت تانيا علبة صفيح وبدأت تعمل ثقوبا بواسطة المسمار فى جدارها بالقرب من القاعدة . وكلما عملت ثقبا أمالت المسمار جانبا فى اتجاه واحد ، حتى عملت أربعة ثقوب ومن ثم ربطت بعلبة الصفيح خيطا ومضت إلى الماء . غرفت تانيا ماء فى العلبة ورفعتها ، فبدأت العلبة تدور . فالماء عندما يخرج من الثقوب يدبر







العلبة في اتجاه معاكس ، مثلما كانت الأحجار التي رمتها تانيا من مؤخرة الزورق تدفعه إلى الأمام .

كان ليونيا ينظر إلى ما تعمله تانيا من تجارب ويفكر طوال الوقت بشيء ما . وبعد ذلك قطع عودا يابسا وعمل منه أنبوبا وربط به بالونا هوائيا . وضع الأنبوب والبالون على لوحة خشبية وربطهما بها . ومن ثم نفخ البالون ووضع اللوحة الخشبية بما عليها في الماء ورفع أصبعه من ثقب الأنبوبة . أخذ الهواء داخل البالون يخرج عن طريق الأنبوبة بقوة . الهواء ينطلق إلى الخلف ويدفع اللوحة الخشبية إلى الأمام . وهكذا حصلت سفينة نفثة !

رفعت تانيا البالون الهوائي والأنبوبة من السفينة ونفخت البالون ورمته إلى الأعلى . أخذ الهواء يصفر وانطلق البالون إلى الأعلى بسرعة .

صاح ليونيا :

— مثل الصاروخ !

قالت تانيا :

— إنه صاروخ بالفعل ، لكنه هوائي . هل فهمت الآن ما الذى يدفع الطائرة النفثة إلى الأمام ؟

قال ليونيا : — نعم ، إنها الغازات الساخنة التي تنطلق من خلف الطائرة .

إن تجربة علبة الصفيح التي عملت في جدارها وبالقرب من قاعدتها ثقب ، بسيطة ويمكن إجراؤها في البيت . في هذه الحالة يجب أن يربط الخيط الذى تعلق به العلبة في حنفية الماء . نفتح الحنفية فتمتلئ العلبة بالماء وتبدأ تدور . ويمكن تنظيم دفع الماء بحيث تبقى العلبة تدور لفترة غير محددة من الزمن .

ويسهل كذلك تحضير السفينة التي يكون البالون الهوائي والأنبوبة الخفيفة ذات المقطع الملائم بمثابة محرك نفث فيها . ويمكن كذلك استبدال هذه السفينة بعربة خفيفة نركب عليها مثل هذا المحرك النفث .

### اللعب النفثة

ايريشكا لم تكن هذه المرة مع تانيا وليونيا على البحر . إنها حزينة لعدم مشاهدتها تلك التجارب المثيرة التي أجراها زميلاها . وفجأة قالت تانيا : — اركبى الدراجة الهوائية .

في دهليز الشقة دراجتان هوائيتان قديمتان . ركبت ايريشكا إحداهما ، وركبت تانيا الدراجة الثانية . وها هما تقابلان بعضهما البعض .

وقالت تانيا — امسكى الدراجة بقوة ، فإنى سأصدمك . ولكن ارفعى قدميك أولا حتى لا تمس الأرض . ورفعت تانيا أيضا قدميها من الأرض . تأهبت تانيا وأغارت على دراجة ايريشكا وصدمتها ، فرجعت دراجة ايريشكا إلى الوراء . ودراجة تانيا كذلك رجعت إلى الوراء قليلا . فضحكت ايريشكا لأن تانيا رجعت مع دراجتها إلى الوراء أيضا . قالت تانيا : — جاء دورك الآن ، فاصدمينى .



قالت تانيا لليونيا وايريشكا :

— تذكرنا جيدا ، المهم ليس من الذى يدفع الآخر ، فالدفعة يحصل عليها الاثنان . ويواصل حركته المرتدة أكثر ، ذلك الذى يكون قصوره الذاتى أقل ووزنه أخف .

أخذت تانيا زنبركا فأثنته وربطت طرفيه بخيط ووضعت في العربة بالقرب من الحاجز فيها . أشعلت عود ثقاب وقربته من الخيط ، فاحترق الخيط واستقام الزنبرك محدثا بذلك صدمة قوية في جدار العربة ! قفز الزنبرك إلى الركن المقابل من الغرفة . ودفع العربة أيضا فسارت على سطح المنضدة . فسأل ليونيا :

— ما الذى جعل العربة تدفع الزنبرك بهذه القوة ؟

فابتسمت تانيا وقالت :

— إنهما اصطدما ببعضهما بنفس القوة ، غير أن الزنبرك أخف من العربة ، ولذا يقفز بعيدا .

وضع الصغار مروحة كهربائية على عربة ، قاموا بتحضيرها بأنفسهم ، وشغلوها .



ايريشكا صدمت تانيا ، وارتدت الاثنان إلى الراء مرة أخرى .

— ليس المهم من الذى يدفع بيديه ، فالدفعة مع ذلك يحصل عليها الاثنان .

قالت تانيا : — لننظر الآن من الذى سيرتد أكثر .

صدمت تانيا بقوة من جديد دراجة ايريشكا .

فصاحت ايريشكا : — هذا بدون إنصاف ! صدمتني بقوة !

حقا فقد ارتدت ايريشكا بعيدا ، اما تانيا فكان ارتدادها قليلا .

— اصدميني بقوة حتى أرتد بعيدا .

اقتربت البنتان من بعضهما البعض مرة أخرى ، فصدمت ايريشكا دراجة

تانيا بكل قوتها . فبدلا من أن ترجع تانيا بعيدا حدث ذلك مع ايريشكا .

سألت ايريشكا :

— لماذا حدث ذلك ؟ لماذا أرتد أنا بعيدا على الدوام ؟

فقالت تانيا : — أنت أخف وزنا ، والقصور الذاتى عندك أقل . تذكرى

تجربة الكرتين . أغارت الكرة الخفيفة على الكرة الأثقل واصطدمت بها فارتدت

الكرة الخفيفة جانبا ، أما الكرة الثقيلة فتحركت قليلا جدا .



المروحة تدور وتدفع الهواء الى الراء ، أما الهواء فيدفع المروحة والعربة إلى الأمام . قال ليونيا :

— إنها كمدرسة الطائرة .

— نعم ، أنت على حق — أيدته تانيا . سأل ليونيا ثانية :

— ترى هل المدرسة ، هي مروحة حقا ؟ — نعم ، ولكنها أكبر وأقوى .  
صاحت ايريشكا :

— اسمعا ، إنى نفائة أيضا !

نظر الاثنان إلى ايريشكا ، ولم يصبرا فغرقا فى الضحك . إلا أن



ايريشكا لم تعر لهما اهتماما . كانت تدور فى الغرفة وتقول :  
— إنى أدفع الأرض بقدمى إلى الراء ، أما هى فتدفع بى إلى الأمام ،  
وأنا وأدفع بها إلى الراء . . .

فصاح ليونيا وتانيا :

— عظيم !

وفهما أخيرا ما تقصده ايريشكا . فهى تعنى أن السيارات والحيوانات  
والناس جميعا حينما يتنقلون من مكان إلى آخر يدفعون شيئا ما إلى الراء  
(كالأرض والماء والهواء) ، بينما يتحركون هم إلى الأمام .

عندما فهم الأطفال ذلك ،

حضرُوا بأنفسهم سفينتين نفائتين .

فى إحداهما أنبوب عريض (أسطوانة)

صنع فى الجدار الخلفى له ثقب

أدخل فيه أنبوب رفيع . عندما نملأ

الأنبوب العريض بالماء يخرج هذا

الماء عن طريق الأنبوب الرفيع إلى

الخلف ويدفع السفينة إلى الأمام .

فى السفينة الثانية خيط مطاطى

يدير بكرة خيوط فارغة غرزت فيها

ريشات معدنية ، كالتى تستعمل فى

أقلام الحبر . البكرة تدور والريشات

تغرف الماء وترميه إلى الراء . الريشات

تدفع الماء إلى الراء ، والماء يدفعها

مع السفينة إلى الأمام .







في التجربة الأولى حيث استخدمنا الدراجتين الهوائيتين من الضروري أن يكون احد المشتركين أثقل وزنا من الآخر بكثير . وهنا من المهم أن نركز انتباه الطفل على أن النتيجة ستكون دائما واحدة بغض النظر عن الشخص الذي يقوم أولا بدفع الدراجة بيده . . ومن الضروري جدا بالطبع أن تكون الدراجتان خفيفتين بدرجة واحدة عند تحركهما ، وأن لا يطاء المشاركان في العملية الأرض بقدميهما . ويمكن أن نأخذ بدلا من الدراجتين الهوائيتين عريتين متشابهتين . وهذه التجربة تجري بنجاح عند الترحلق بالققباب . ففي هذه الحالة يقف المشاركان وجها لوجه ويندفعان بأيديهما . وهنا يرتد أبعد ذلك الشخص الذي يكون وزنه أقل ، أى الشخص الذى يتمتع بقصور ذاتي أقل .

إن اللعب التى وصفت فى القصة أعلاه يمكن تحضيرها بالاستعانة بالرسومات . وحبذا لو اشترك الطفل فى تحضيرها .

### العبة التى غزت الفضاء

الصغيران يتهيآن للنوم . أطفالا تانيا الضوء وهمت بالخروج من الغرفة . وفجأة سمعت أحدا يهمس لها :

— تانيا ، تانيا !

فسألت تانيا بهمس أيضا :

— ماذا ؟

همس ليونيا بصوت يثير العطف :

— حدثينا شيئا ما .

— الوقت متأخر يا ليونيا .

فهمست ايريشكا بصوت يثير العطف أيضا :

— نتوسل إليك يا تانيا .

فكرت تانيا قليلا ثم قالت :

— ما الذى أحدثكم به ؟ . .

جلست على السرير حيث يضطجع ليونيا ، دون أن تشعل الضوء .

— إسمعا إذن . فى قديم الزمان كان فى مدينة كالوجا معلم فى

الفيزياء والرياضيات لقبه تسيولكوفسكى . فى النهار كان يعلم الصغار فى

المدرسة ، أما فى المساء فكان منشغلا فى التجارب العلمية . وأكثر ما كان

يتطلع إليه فى حياته هو التحليق إلى القمر والكواكب الأخرى . لكن كيف

الوصول إلى هناك ؟ ربما سيرا على الأقدام ؟

ضحك ليونيا : — لا توجد أرصفة هناك .

— بالقطار ؟

— ليست هناك سكك حديدية !



— بواسطة السفن ؟  
 — لا يوجد هناك ماء !  
 — على متن الطائرة ؟  
 فسأل ليونيا :  
 — ألا يمكن ذلك ؟  
 صاحت ايريشكا بصوت عال :  
 — ماذا بك ! الفضاء هناك يخلو من الهواء ، هناك فراغ !  
 وواصلت تانيا الحديث :

— المشكلة هي أنه لا يوجد في الفضاء شيء تندفع عنه وتطير إلى  
 الأمام . ذات مرة خطرت على بال تسيولكوفسكى لعبة تشبه تلك التي  
 ابتدعناها سوية ، فاخترع صاروخا فضائيا . الغازات الساخنة تنطلق من هذا  
 الصاروخ الثقيل إلى الأسفل بقوة فتزيد من سرعته إلى الأعلى . . .  
 مرت أعوام كثيرة . وأنا أتذكر جيدا اليوم الثاني عشر من نيسان (ابريل)  
 عام ١٩٦١ عندما علمنا جميعا ، في الصباح الباكر ، بأنه تم ، لأول مرة  
 في تاريخ البشرية ، إرسال إنسان في رحلة فضائية . وكان اسمه يوري  
 غاغارين . وقد أصبح آنذاك أول رائد فضاء في العالم .  
 ومنذ ذلك الحين طار الكثيرون إلى الفضاء ووصلت السفن الفضائية إلى  
 القمر والزهرة والمريخ والمشتري . وكل هذه السفن الفضائية كانت تندفع إلى  
 الأمام بواسطة المحركات النفاثة .

إن الحوادث التي وردت في هذه القصة يعرفها الجميع جيدا .  
 فالأطفال كثيرا ما تستهويهم المناقشة حول الفضاء والتحليقات الفضائية .  
 لذا قد تثار أمامكم مناقشات من هذا النوع أكثر من مرة . والدور الذي يجب أن





تضطلعوا به هو اختيار المجرى الصحيح لهذه المناقشات وكيفية توجيهها في هذا المجرى .

إن الهدف الوحيد من هذه القصة هو تركيز انتباه الصغار على أن ما ساعد الإنسان على تحقيق التحليلات الكونية هو القصور الذاتي أو «الكسل» أو «العناد» لدى الأجسام . وأنا آمل بأن الصغار سيتمكنون ، بعد قراءتهم لكل هذه القصص ، من أن يفهموا أن كل حركة تحدث على الأرض أو في الفضاء هي عمليا حركة (دفع) نفثية ، لأن الحيوانات والسيارات لدى تحركها دائما تدفع شيئا ما إلى الوراء ، وهذا «شيء ما» يدفع الحيوانات والانسان والسيارات إلى الأمام . إن الحركة التي تحدث بفعل القصور الذاتي فقط ، عندما لا يوجد أى شيء يعيق الجسم من التحرك أو يعمل على إيقافه ، يجب اعتبارها حركة شاذة عن الحركة النفثية . ومن الواضح أنه لا يمكن لمثل هذه الحركة أن تحدث في أى مكان في الفضاء الحقيقي ، لأن الوسط هناك يعمل على إيقاف حركة الأجسام أو تغيير مسارها . وفي كلتا الحالتين تصبح الحركة نفثية ، وإن كان تصور ذلك أصعب بعض الشيء ، من تصور الحالات البسيطة للحركة النفثية التي تطرقت إليها القصة .

### ما حاجة السفينة إلى الأشرعة ؟

ايريشكا وليونيا وصديقيهما ايغور وتانيا يتزهون على متن سفينة شراعية صغيرة في إحدى البحيرات . قال ايغور :

— لا أدري لماذا تتحرك السفينة إلى الأمام في حين تهب الريح من

جانباها ؟

قال ليونيا :

— حقا ، الريح تدفع الأمواج في اتجاه والسفينة في اتجاه آخر  
فسألت تانيا : — ما حاجة سفينتنا إلى الأشرعة ؟  
— للزينة — أجاب ايغور .

لم يهزأ أحد من هذا الجواب ، مما يدل على أنه ليس بينهم من يعرف الجواب الصحيح .

ابتسمت تانيا وقالت :

— أى ملاحين أنتم إذن ؟ ما الذى يلزم عمله حتى تتحرك السفينة إلى الأمام ؟





قالت ايريشكا بتردد :

— يجب أن نرمي شيئا ما إلى الخلف ، كالأحجار مثلا .  
— أو الهواء — أضافت تانيا .

فاندesh ليونيا :

— كيف نرميه إلى الخلف ، فهو يهب من الجانب ؟  
أجابت تانيا :

— ولهذا السبب بالذات تتركب الأشعة على السفن .

نظرت تانيا إلى الأعلى وقالت :

— أنظروا ، الأشعة ليست عمودية على اتجاه الرياح ، إنها تميل  
بعض الشيء ، هل ترون ذلك ؟

— نعم ! — أجاب الجميع مرة واحدة .

— الهواء يرتطم بالشرع ويرتد إلى الوراء . وعندما يرتد إلى الوراء يدفع  
السفينة إلى الأمام . واضح ؟

— نعم — أجاب الصغار بتردد ، وكان واضحا أنهم لم يفهموا بصورة  
جيدة كيف أن الرياح التي تهب على الشرع من الجانب ترتد إلى الخلف .  
وفجأة حزرت ايريشكا :

— كشعاع الشمس عندما ينعكس على المرآة المائلة !

أضاف ليونيا بعد أن فهم السبب أيضا :

— كالكرة عندما ترتد عن الحائط .

فقال ايغور دون أن يقر له قرار :

— فكيف ستكون الحال لو هبت الرياح من ناحية أخرى ؟  
أجابت تانيا :

— يجب تدوير الأشعة . ولهذا الغرض تمتد من كل شرع حبال يسميها

البحارة بحبال القلع . تجر الحبل فيدور الشرع في الاتجاه الذي تريده .

الرياح خفيفة والسفينة الشراعية الصغيرة تتقدم مع ذلك بسرعة وخفة إلى  
الأمام ، لأن كل أشعتها مرفوعة . إنها تعيق كمية كبيرة من الرياح وتوجهها  
إلى الخلف ، لأنها جميعا موجهة في اتجاه واحد .  
وفجأة سأل ليونيا :

— هل الأشعة تعمل في السفن فقط ؟

أجابت تانيا : — كلا بالطبع ، إنها تعمل في كل مكان .

انتهى الصيف وحل الخريف ،  
وهبت الرياح الخريفية الباردة . وفي  
أحد تلك الأيام الخريفية جاءت إلى  
فناء البيت الذي يعيش فيه الأطفال  
سيارة غريبة الشكل . إنها عربة أطفال  
نصبت فيها صارية ورفع عليها شرع .



فأصبحت سفينة شراعية على اليابسة ، أو حسب التعبير العلمي «سيارة شراعية» .  
كانت «السيارة الشراعية» صغيرة ، لذلك قرر الجميع أن يركب فيها  
ايغور لوحده لأنه أصغرهم .

دفع الأطفال «السيارة الشراعية»

وايغور فيها ، إلى الممشى المعبد .

انتظروا حتى هبت ريح قوية وأفلتوا

العربة . فامتلا شرعها بالهواء وأخذ

يسحبها إلى الأمام . إنها تسرع على

الممشى المعبد وايغور يصبح مبتهجا .

يا له من منظر مسر !





بالطبع لا يوجد بين القراء سوى القلائل ممن سيحاولون تحضير سفينة شراعية كالتى كان أبطال قصتنا ينتزهون فيها فى البحيرة . وتحضير هذه السفينة ليس ضروريا ، لأن قيادة السفينة الشراعية الصغيرة التى يلعب بها الصغار ليست أقل متعة هى الأخرى . وبوسع الصغير أن يقود لوحده مثل هذه السفينة الشراعية الصغيرة ، دون مساعدة الكبار . ولربما يبعث ذلك فى نفسه ارتياحاً وسروراً أكثر مما تبعثه التزهة بالسفينة الشراعية الحقيقية . ومن السهل جدا أيضا تحضير «السيارات الشراعية» ، أو بتعبير آخر مركب اليابسة ، الذى يلقي بين أوساط الكبار فى الوقت الحاضر إقبالا واسعا .

### الطاحونة القديمة

فى طريق العودة من المدرسة إلى البيت التقت ايريشكا بايغور . جلس الاثنان على الدكة فى الحديقة أمام البيت . كانت على سطح البيت المقابل فرارة خشبية تدور بفعل الهواء . وفجأة لاحظ ايجور أن الفرارة تدور ليس فى اتجاه هبوب الريح وإنما عموديا عليه .

— لماذا تدور الفرارة عرضا ؟ — سأل ايجور من ايريشكا التى راحت تنظر هى الأخرى إلى الفرارة .

— يجب أن أفكر — قالت ايريشكا وأخرجت من حقيبتها المدرسية ورقة بيضاء . طوتها مرتين وقطعت القسم الزائد منها وقصت الورقة فى أماكن الطى ، فحصلت على مثلثات متساوية الأضلاع . عرفت هذه المثلثات فى اتجاه المركز فحصلت على زهرة ورقية جميلة .

— هل عندك مسمار ؟ — سألت ايريشكا .

— نعم — أجابها ايجور وناولها مسمارا صغيرا . وخزت ايريشكا هذه





الزهرة الورقية فى وسطها بالمسمار ، فحصلت على فزارة ورقية كتلك التى يعرفها الكثير من الصغار .

قالت ايريشكا :

— انظر إلى ريشة الفزارة ، الرىح ترتطم بها ، وهى تقف بصورة مائلة على اتجاه الرىح . لذلك نرى الرىح ترتد جانبا . إنها ترتد فى جهة وتدفع الفزارة فى جهة أخرى ، ولهذا السبب تبدأ الفزارة بالدوران .

— يمكننا عمل فزارة أخرى — قال اىغور . وأخذ قطعتين غير كبيرتين من الورق وثبتهما فى طرفى عصا خشبية . وثبت هذه العصا بواسطة مسمار دقة فى وسطها بعصا ثانية . ولما رفع هذه الفزارة عاليا بدأت تدور . كاد اىغور يطير من الفرح والسرور بحيث أخذ الفزارة وصار يركض بها فى ممرات الحديقة ، فأصبحت الفزارة تدور بشكل يبعث السرور فى النفس .

وفى المساء ركب الصغار دراجاتهم الهوائية . وثبت كل منهم على مقود دراجته فزارة عملها بنفسه . وعندما كانت الدراجات تجول فى ممرات الحديقة كانت الفزارات تدور أيضا ، الأمر الذى أكسب الدراجات الهوائية شبها كبيرا بالطائرات .

ذات مرة كان ليونيا وتانيا وايريشكا فى الحقل . وفجأة وقف ليونيا مسمرا . فنظر الجميع إلى الأمام ، وعرفوا فى الحال السبب الذى أدهش ليونيا بهذا القدر . كانت فى الأفق تشمخ على إحدى الهضاب طاحونة هوائية تدور بأجنحتها . أراد الصغار النظر إليها عن كثب ، فأسرعوا نحوها . ولما اقتربوا منها وجدوا فيها بابا صغيرا ، فدخلوه ورأوا فى الداخل عجالتين خشبيتين كبيرتين مستنتين . أما الجدعان اللذان ركبنا عليهما فكانا يصدران أثناء دورانهما صريفا حزينا . وفى الأسفل وقف رجل عجوز بالقرب من حجر كبير مدور .

حيا الصغار الرجل العجوز ، فرد عليهم التحية ، وقال والابتسامة تعلقوا





— ماذا تريدون ؟

— كنا نسير فى الحقل فرأينا طاحونتكم وقررنا النظر إليها عن قرب —

أجابت تانيا .

قال العجوز :

— عفارم عليكم . . . هذه هى أيامها الأخيرة فى منطقتنا . وقد أسعدتم حظا لأنه لم يفتكم الأوان فى مشاهدتها . فقريبا سوف يتم تفكيكها ونقلها إلى متحف مكشوف ، وإلا ستنهار بسبب قلة الصيانة والعناية .  
— وأنت ؟ — سألت ايريشكا .

— أنا ؟ — هز العجوز كتفيه . . كنت قد طحنت فيها آخر مرة قبل حوالى أربعين عاما ، ومنذ ذلك الحين لم تعد لنا حاجة لها . فكل شىء الآن يعمل بواسطة الكهرباء .

ثم سأل العجوز :

— بالطبع انتم مهتمون بتركيبها أليس كذلك ؟

— نعم ، بالتأكيد — رد عليه الصغار .

— أهم شىء فى الطاحونة أجنحتها . والأجنحة هى عبارة عن فارة كبيرة تدور بفعل الرياح ، فتدير ذاك الجذع الكبير الذى يدخل من خلال الفتحة فى الجدار ، إلى داخل الطاحونة . وعلى هذا الجذع عجلة مسننة ، تتعشق أسنانها مع التجايف على العجلة الثانية ، فتدور العجلة الثانية وتقوم بواسطة الجذع الثانى بتدوير الرحى .

— ماذا ؟ — لم يفهم ليونيا .

— الرحى — كرر العجوز . الرحى هى حجر كبير دائرى الشكل . وفى الطاحونة توجد رحيان ، إحداهما ثابتة والأخرى تدور . تقوم الرحيان بسحق الحبوب التى تناسب بينهما فيحصل الدقيق . ويحضر من هذا الدقيق عججين ،

ومن هذا العجين يخبزون الخبز . . . هل كل شىء واضح الآن ؟

— كل شىء واضح — قال الصغار — شكرا لك !

— لا شكر على واجب — ابتسم الطحان العجوز .

فى الوقت الحاضر لن يتسنى رؤية طاحونة الهواء أو مكنة الهواء إلا لقليل من القراء . ولذا فمن الضرورى الاكتفاء بتحضير الفارة . ولما كان تركيب الفارات المشروحة أعلاه غير صعب وواضحا على الرسم فإننا لن نشرحه بالتفصيل هنا . والمهم هو تركيز انتباه الطفل على أن الفارة تدور عموديا على اتجاه الرياح ، أى إذا كانت الرياح تهب من الشمال إلى الجنوب ، فإن الفارة تدور فى المستوى الواصل بين الشرق والغرب .





### لماذا تطير طيارات الورق ؟

ايغر يسير برفقة تانيا وايريشكا في الشارع وقع نظريهم على  
طيارة ورق تطير عاليا في السماء .  
فقال ايغر :

— عجبنا لماذا ترتفع ؟

— بسبب هبوب الريح — اجابت ايريشكا .

— الريح تهب على الأرض . أما طيارة الورق فتطير في  
الأعلى ! — كاد يصيح ايغر .

تناولت ايريشكا قطعة من الورق وقالت :

— انظر . الطيارة تقف مائلة على اتجاه الريح . الريح

ترتطم بها فتد إلى الأسفل وتدفع الطيارة إلى الأعلى

— عندما ترتطم الريح بالقسم الأسفل من الطيارة . تتجمع  
كمية كبيرة من الهواء في أسفلها ، وهذا الهواء يرفع الطيارة إلى  
الأعلى — أضافت تانيا .





وفي المساء أخذت تانيا صندوقا من الخشب المعاكس وأهالت فيه كمية من الحصى — تلك الأحجار الصغيرة التي جلبها الصغار من البحر .

بعد ذلك أخذت تانيا عصا وربطت بها خيطا على غرار زمام طيارة الورق . وضعت العصا في الصندوق وظلت تمسك بالطرف



الثاني من الخيط بيدها . أمالت تانيا الصندوق ، فتدحرجت الأحجار على قاعه وارتفعت العصا إلى الأعلى . قالت تانيا :

— انظروا ، الحصى كلها تجمعت في الأسفل عند العصا . إنها تضغط على العصا ، وتجعلها تصعد إلى الأعلى . حقا فكلما كانت تانيا تميل الصندوق وتنساب الأحجار إلى الأسفل ترتفع العصا إلى الأعلى بسرعة ، وكأنها طيارة ورق حقيقية .

بالطبع إن أحسن ما يمكن إجراؤه لمواصلة هذه القصة هو تحضير وتطير طيارة الورق . وتظهر على الرسم بعض أنواع هذه الطيارات . يهيكل هذه الطيارات من طبقة واحدة من الخشب المعاكس ، أى من قشرته . ولكي نحصل من قطعة الخشب المعاكس على شرائط قشرية ينبغي ترطيب هذه القطعة فتنجز أو تنفكك طبقة طبقة دون أن نبذل جهدا . ويمكن مثلا استعمال قطعة من الخشب المعاكس تبلت بالمطر . وعند تحضير الجيمات (الأزمة) من الضروري أن نراعى تماثلها ولا ستلف الطيارة وتدور أثناء تطيرها .

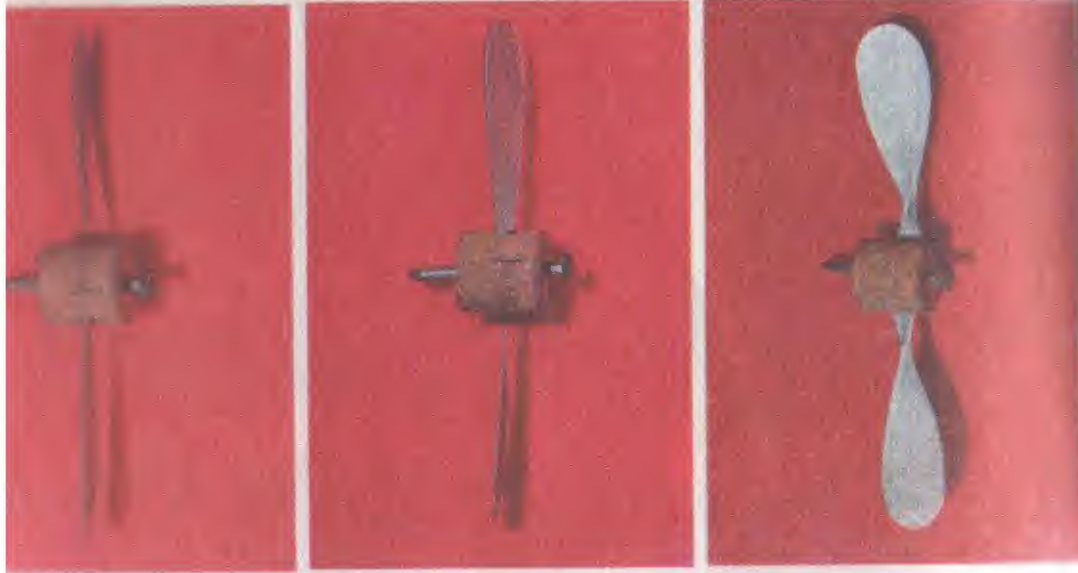
ويجرب تحضير ذيل الطيارة من الشرائط أو الضمائد أو من حبل غير ثقيل . وظيفة هذا الذيل هي موازنة الطيارة وجعلها أكثر استقرارا أثناء التحليق . ويعزى تأثير الذيل على موازنة الطيارة إلى العاملين التاليين : أولا ، انه يقع على امتداد اتجاه الرياح كما هي الحال بالنسبة لذيل الطائر أو المجموعة الذيلية في طائرة الركاب . وثانيا ، إن الذيل ثقيل نسبيا ويحاول البقاء دائما في الأسفل ، في حين تنطلق طيارة الورق إلى الأعلى . وإذا كانت الطيارة أثناء تطيرها غير مستقرة وتلف كثيرا ، ينبغي في هذه الحالة زيادة وزن الذيل (بإطالته أو تعليق ثقل ما في مؤخرته) . أما إذا كان الذيل ثقيل جدا فإن الطيارة ترتفع ببطء أو قد لا ترتفع نهائيا .





- ١— لماذا يصعب تحريك العجلات الثقيلة من مكانها ؟  
ولماذا يكون إيقافها صعبا جدا إذا انطلقت بسرعة ؟
- ٢— عندما تصطدم كرتان ، إحداهما ثقيلة والأخرى خفيفة ، تتدحرج الكرة الخفيفة بعيدا في حين لا تتحرك الكرة الثقيلة من مكانها تقريبا . ما سبب ذلك ؟
- ٣— عندما تقف الحافلة فجأة ، ينحني الركاب جميعا إلى الأمام ، أما الكرة الموجودة على أرضيتها فإنها تتدحرج هناك من طرف إلى آخر إذا لم يعقها عائق ، فلماذا ؟
- ٤— لماذا لا يتمكن السائق من إيقاف الحافلة فورا ، إذا اعترضها شخص ما في الشارع ؟
- ٥— كرر تجربة السنجة المعلقة بالخيط الرفيع والتي ربط في أسفلها خيط غليظ . عندما نتل الخيط الغليظ لا ينقطع الخيط الرفيع الذي تعلق به السنجة ، بل ينقطع الخيط الغليظ المربوط بها من الأسفل ، فلماذا ؟
- ٦— عندما ننزل ضربة خاطفة بعصا رميت إلى الأعلى ، نراها تتحطم ولا تطير جانبا ، فلماذا ؟
- ٧— عندما ندفع الحجر في أحد الاتجاهات يدفعنا هو في الاتجاه المعاكس . لماذا يحدث ذلك ؟ أي حجر يدفعنا بقوة أكبر : الخفيف أم الثقيل ؟
- ٨— ما الذي ينطلق من الطائرة النفاثة إلى الوراء بدلا من الأحجار ؟ وما الذي ينطلق من الصاروخ ؟

- ٩— لماذا يجب على الإنسان ، عندما يريد السير إلى الأمام ، أن يدفع الأرض إلى الوراء ؟
- ١٠— ما الذي تدفعه الطيور إلى الأسفل حتى ترتفع إلى الأعلى ؟
- ١١— ما السبب الذي يجعل البندقية نرتد إلى الوراء عندما نطلق منها النار ؟
- ١٢— عندما نفتح الحنفية المربوطة بخرطوم مطاطي نرى الخرطوم يميل جانبا . فلماذا ؟
- ١٣— إذا استحال تدوير الأشرعة في السفينة وجعلها مائلة على اتجاه الرياح ، هل سيتمكن السفينة من السير عرضا على اتجاه الرياح ؟
- ١٤— انظر بإمعان إلى الرسم واذكر أي الفرارات تدور بفعل الرياح وأي منها لا تدور ؟ ما سبب ذلك ؟
- ١٥— لماذا تقف طائرة الورق مائلة على اتجاه الرياح ؟





كيف نحصل على قليل الكهرباء والمغناطيسية

مصاييح شجرة عيد رأس  
السنة

المغناط

المسمار السحري





## كيف نحصل على قليل من الكهرباء

تانيا وايريشكا وليونيا يستعدون لعيد رأس السنة . نصبوا شجرة عيد رأس السنة وأخرجوا من الدولاب ملاعب الزينة . وفجأة رن الجرس .  
— ايغور ! صاحت ايريشكا وأسرعت لاستقباله .

— ها أنا معكم !

— جاكيتك جميل جدا ! — قالت تانيا .

نظر ايغور إلى جاكيت الصوفى وقال :

— جميل . . لكنه حار !

— إخلعه . غرفتنا دافئة — نصحته ايريشكا .

شرع ايغور يخلع الجاكيت وتانيا تساعد .

— لماذا يفرقع ؟ — سأل ايغور بعد ان سمع فرقة صدرت عن الجاكيت

عندما سحبه من أعلاه .

خلعت تانيا الجاكيت منه وقربت أصبعها من أنفه . شعر ايغور بأن شيئا

نقره في أنفه بقوة ، فحملق في تانيا ، ثم في ايريشكا وسأل :

— ما الذى نقرنى فى أنفى ؟

فضحكت تانيا وايريشكا ، أما ليونيا فحملق هو الآخر مثلما فعل ايغور

وقال مقلدا :

— ما الذى نقرنى فى أنفى ؟

قهقه الجميع وكان ايغور يقهقه أعلى من الآخرين . تقدمت تانيا من

طاولة الكتابة ورفعت الزجاجاة الموضوعة عليها قليلا . ودست تحتها من الجانبين

كتابين ، وقالت لايريشكا :

— قطعي قصاصات صغيرة من الجريدة ، أما أنت — التفتت تانيا إلى

ليونيا — فاحضر قفازك الصوفى .

تناولت تانيا القصاصات التى اقتطعتها ايريشكا ووضعتها على الطاولة



تحت الزجاجاة . فكرت هنيهة ثم قصت من الجريدة إنسانين صغيرين  
وأضافتهما إلى القصاصات الورقية . تأكدت تانيا من أن اللوح يستقر جيدا على  
الكتابين وتناولت القفاز الذى جاء به ليونيا ، وبدأت تدلك به اللوح الزجاجى .  
فى البداية لم يحدث أى شىء ، إلا أنه بعد قليل أخذت القصاصات تتحرك  
على الطاولة وبدأت ترتفع قليلا . فوقفت مستندة بأحد طرفيها على سطح  
الطاولة وممتدة بطرفها الآخر نحو اللوح الزجاجى . رفع أحد الإنسانين الصغيرين  
رأسه وفجأة استقام ووقف على قدميه ، وفى نفس اللحظة تقريبا ارتعش الإنسان  
الثانى ووقف رأسا على عقب . فضحك الكل عاليا . أما تانيا فظلت تدلك  
اللوحة الزجاجى بالقفاز ، وسرعان ما جذبت قوة غامضة جميع القصاصات  
الورقية والإنسانين الصغيرين إلى اللوح الزجاجى فالتصقت به .  
تمهلوا — صاحت ايريشكا وتناولت مشطا من البلاستيك وبدأت تمشط



شعر تانيا . وبعد بضع دقائق رأى الجميع كيف انتصب شعر تانيا ممتدا نحو المشط عندما كانت ايريشكا تقربه من رأس تانيا .

قال ايغور :

— كفاية ، أنا لا أفهم شيئا .

— وأنا أيضا — أضاف ليونيا .

فقلت ايريشكا :

— لعلمكم ، قرأت فى أحد الكتب بأنه من جراء ذلك الزجاج تحصل

كهرباء ، وهى التى تجذب القصاصات الورقية .

فواصلت تانيا الحديث :

— الكهرباء مختلفة ، موجبة وسالبة . فعلى اللوح الزجاجي حصلت

كهرباء موجبة ، أما على القصاصات الورقية ، فحصلت كهرباء سالبة . إن

الكهرباء المختلفة تتجاذب ، ولهذا السبب بالذات بدأت القصاصات الورقية

تقفز إلى الأعلى .

— لو أخذنا كهرباء متشابهة ، هل ستتنافر ؟ سأل ليونيا .

— نعم — أجابت تانيا .

— أعرف ذلك ، لقد قمنا أنا ووالدى بمثل هذه التجربة — قال ايغور

ودنا راكضا من البالونين الهوائيين اللذين علقهما الصغار فى الغرفة للزينة ،

فأمسك بهما وصار يدلك بهما يافوخه ، ومن ثم تركهما . اصطدم البالونان

ببعضهما فارتدا إلى جهتين مختلفتين وطارا ليلتقيا من جديد ، وقبل أن يصلا

إلى بعضهما ارتدا ثانية . وبعد قليل استقر البالونان فى وضع وكان شيئا ما

يبعدهما عن بعضهما ولا يسمح لهما أن يتلامسا .

— لكننى مع ذلك لا أعرف لحد الآن ما الذى نقرنى فى أنفى —

قال ايغور .

— عندما نزعنا منك الجاكيث — شرحت له تانيا — حصلت من جراء

الاحتكاك على جسمك وعلى الجاكيث كهرباء . الكهرباء على جسمك كثيرة ،

أما على جسمى فكانت معدومة نهائيا ، لذلك طفرت من أنفك إلى أصبعى .  
وهذه الشرارة الكهربائية هى التى نقرت أنفك !

— هل أملك ؟ — قال ايغور مستفسرا .

— كلا ، الألم بالنسبة للأنف أقوى منه بالنسبة للأصبع — ضحك

تانيا .

استمع ليونيا لهذه الأحاديث وتتبع إجراء التجارب ولزم الصمت كما لو

كان يجهد ذاكرته ليتذكر شيئا نسيه . ثم سأل أخيرا :

— أيها الأصدقاء ، هل البرق شرارة أيضا ؟

— نعم ، إنها كهرباء — قالت تانيا مندهشة له — كيف حررت ؟

أجاب ليونيا :

— إنهما متشابهان .

— غريب — قال ايغور — فلماذا إذن لا تفرقع تلك الشرارة ؟

— إنها تفرقع ، بل وتفرقع بشدة — قالت تانيا — فالرعد ما هو إلا

فرقة للبرق .

إن الملابس المحضرة من الأنسجة الاصطناعية والصوفية وكذلك  
المواد البلاستيكية تتكهرب جيدا عندما يكون الجو فى الغرفة دافئا والرطوبة  
قليلة . إن الشحنات الكهربائية الساكنة المتكونة على سطح العازل الكهربائى  
تتسرب فى الجو الرطب ، الذى يوصل الكهرباء جزئيا ، ولا تتمكن الكهرباء  
من التجمع على سطحه بكميات كافية .

والتجارب التى نقوم فيها بكهربية البالونين الهوائيين المربوطين بخيطين  
طويلين تكون موفقة جدا . لو قمنا بكهربية بالون واحد فإنه يبدأ بالالتصاق  
بالحاجيات التى تحيط به . أما إذا قمنا بكهربية بالونين أو عدة بالونات  
هوائية فإنها ستتنافر لحصولها على شحنات متشابهة .



## مصايح شجرة عيد رأس السنة

ليونيا وتانيا يزينا شجرة عيد رأس السنة ، وإيريشكا منهمكة في ترتيب المصايح وأسلاكها في بيت كرتوني صغير ذي نوافذ . وعلى الأرضية جنبها بطارية كهربائية من تلك التي تستعمل في



مصايح الجيب الكهربائية . رسمت على أحد رأسى البطارية العلامة «+» (القطب الموجب) ، وعلى الرأس الثانى العلامة «-» (القطب السالب) . مست إيريشكا القطب الموجب للبطارية بأحد السلكين المربوطين بالمصباح ، والقطب السالب بالسلك الثانى فاشتعل المصباح .



الكهرباء «تركض» عبر المصباح من قطب إلى آخر . كان إيغور ينظر إلى إيريشكا وهي تدخل المصباح المشتعل في البيت الصغير حتى أضاءت النوافذ في هذا البيت . وأعجبه ذلك بحيث غدا يصيح : — أنا أيضا ابتدعت شيئا ! — أمسك بأحد المصايح والسلكين المربوطين به وركض صوب المقبس (مأخذ التيار) وأدخل السلكين في المقبس . حدثت فرقة قوية لم يكن يتوقعها ، فارتد إلى الخلف وسقط على الأرضية . — عجباً ، كيف يجوز أن تدخل شيئا في المقبس ! — استشاطت تانيا غضبا . — لكن هناك كهرباء أيضا — قال إيغور وقد شعر بالذنب . — نعم ، ولكن هناك ٢٢٠ فولطا ، أما المصباح فإنه يتحمل أربعة فولطات فقط . إنه مخصص للبطارية . — هذه الكهرباء بإمكانها أن تميت ! صاحت إيريشكا بعد تانيا .

— يا لك من مغفل ! — أضاف ليونيا . — من الذى يدخل في المقبس أسلاكاً غير معزولة ! لا سيما بيدين غير معزولتين أيضا ! أخذ الخجل من إيغور مأخذه ، وتذكر بأن والده قال له أن اللعب بالكهرباء يؤدي إلى عواقب وخيمة . وفي تلك الأثناء تقدمت تانيا من المقبس ، بعد أن هدأت قليلا ، وأوصلت فيه فلادة





أخذت تانيا لوحة خشبية صغيرة ، وقطعت من الصفيح قطعة مستطيلة الشكل وثبتها على اللوحة بمسمار صغير . دقت في اللوحة مسمارا آخر فحصل بذلك مفتاح للفصل . وهذا المفتاح بالطبع يصلح للبطارية فقط ، ولا يجوز توصيله بالمقبس . وهذا واضح للجميع .

تقدمت تانيا من بيت الكرتون وأخرجت منه المصباح والبطارية ، ثم



مصباح شجرة رأس السنة ، فتألفت بأضواء زاهية مختلفة الألوان .

— عظيم ! ! صاح الصغار .

تطلع ايغور إلى المصباح فلاحظ أن سلكها يأتي من المقبس ويتصل بذيل المصباح الأول ، ومن المصباح يخرج سلك ثان ويتصل بذيل المصباح الثاني ، من المصباح الثاني يخرج سلك ثالث ويمتد إلى المصباح الثالث وهكذا دواليك . والآن تسعى الكهرباء وتدب عبر بضعة مصباح . وحصة كل من هذه المصباح



كمية قليلة من الكهرباء ، لذلك فإنها لم تحترق . وفي نفس الوقت نظرت ايريشكا إلى البيت الصغير تحت الشجرة والذي خبأت فيه المصباح والبطارية ، فوجدت أن الضوء في شبكه ضعيف جدا.

— لماذا ضوء المصباح باهت لهذا الحد ؟ سألت ايريشكا من تانيا .

تطلعت تانيا إلى البيت الصغير وقالت :

— الكهرباء في البطارية بدأت تنفذ .

— ما الذي ينبغي عمله حتى لا تنفذ ؟ — سأل ليونيا .

— يجب أن لا نشعلها لفترة طويلة . ولهذا الغرض يجب تجهيز مفتاح للفصل .



تناولت بطارية جديدة وأوصلت الأسلاك بالمصباح والبطارية والمفتاح كما يظهر على الرسم . الكهرباء تسرى من البطارية وتذهب إلى المفتاح عن طريق السلك وتقف هناك لأن المفتاح مفصول . حركت تانيا قطعة الصفيح فلامست المسامير وبدأت الكهرباء تدب صوب المصباح ، فأضاء رأسا .  
— من الآن فصاعدا ستعمل البطارية طويلا — قالت تانيا — عندما لا تكون لنا حاجة بالمصباح سنطفئه فنقتصد في الكهرباء .



— كيف تضيء المصباح ؟ — سأل ايغور فجأة .  
— خذ سلكا رفيعا وأوصله بقطبي البطارية — قالت تانيا .  
قام ايغور بتنفيذ ذلك . لكنه صاح بعد ثانية :  
— آه ! — ورمى السلك على الأرضية .  
— ماذا ؟ — ابتسمت تانيا .  
— السلك ساخن !  
قالت تانيا :  
— إنه يتسخن من جراء الكهرباء . والفتيلة السلكية في المصباح تتسخن أيضا من جراء الكهرباء ، إنها تتسخن إلى حد الإضاءة .  
في ذلك المساء جهز الصغار كثيرا من الألعاب ومنها : القمر المضيء ، وفي داخله مصباح وبطارية ، والنجوم في قبة السماء المصغرة ، والبيوت الكرتونية ذات النوافذ المضاءة ، واليوم ذات العينين المضيئتين . . .  
تذكر دائما بأن المصباح الصغيرة المستعملة في مثل هذه الألعاب توصل بالبطارية فقط .

إن التجارب على الكهرباء ذات الفولطية ٢٢٠ يجب أن تستثنى نهائيا ، ذلك لأن الفولطية في الدائرة الكهربائية خطرة على حياة الإنسان ، وبدون خبرة خاصة يمكن أن تؤدي هذه التجارب إلى إصابات .  
وكذلك لا داعي لصنع قلادة مصباح شجرة عيد رأس السنة . ذلك لأن هذه القلادة قابلة للاحتراق . ومن الأفضل استخدام القلادة الجاهزة . ولكي نشرح للصغير كيف تصل الكهرباء إلى المصباح يكفي فكه من حذقته .

أما بالنسبة للألعاب ذات المصباح والبطارية فإنها مأمونة ولا تعود بالخطر أبدا . ومن المفيد جدا لو عملتم بضع الألعاب منها على الأقل . ويستحسن كذلك لو جهزتم هذه الألعاب بمفتاح فصل كالذي تم شرحه في القصة أعلاه .



## المغناط

أشعل ليونيا واغور كل المصاييح والألاعيب على شجرة عيد رأس السنة وظلا فترة طويلة يتمتعان بمنظرها الزاهي . وبعد ذلك جاءت ايريشكا واقتربت من الحائط وعلقت عليه رقعة حديدية غير كبيرة وشرعت تضع عليها حروفا بيضاء . تكونت من هذه الحروف عبارة غير كاملة : «كل عام وأنتم ب...» . إلا أن الغريب في الموضوع هو أن ايريشكا لم تقم بتصنيع هذه الحروف ولم تدقها بالمسامير ولم تشكها بشيء . ومع ذلك كانت ثابتة على اللوحة الحديدية .

سأل اغور :

— لماذا تلتصق ؟



— ثم ماذا ؟  
فغندی مغناطيس  
من هذا النوع !  
وأرى ليونيا الجميع  
مغناطيسا شكله يشبه  
العصا .



دس اغور  
يده في جيبه وقال :  
— أنا أيضا  
عندى مغناطيس !

— خلفها مغناط صغيرة — أجاب ليونيا ، وقلب أحد هذه الحروف على وجهه الثاني وعرضه على اغور .  
كان على الجهة الخلفية للحرف مغناطيس صغير جدا بالفعل ، وهو الذى يلتصق باللوحة الحديدية ولا يدع الحرف يقع منها .



— وعندى  
أنا هذا  
المغناطيس — وأرت  
ايريشكا إبرة خياطة  
عادية .



— أما أنا  
هنا —  
فغندی هذا  
وأرت تانيا مغناطيسا  
على شكل حلقة .

أعطيني اياها ! — أخذ اغور الإبرة من يد ايريشكا ووضعها على ثلاثة دبائيس كبس ، كانت على الطاولة . بقيت الدبائيس على وضعها وكأنه لم يحدث شيء .

— ان هذا «المغناطيس» لا يجذب أى شيء — قال اغور وأعاد الإبرة إلى ايريشكا .

أخذت ايريشكا الإبرة ودلكتها قليلا بمغناطيس تانيا . بعد ذلك قربت الإبرة من دبائيس الكبس والدبائيس الاعتيادية الموضوعة على الطاولة ، فرأى الجميع أن الإبرة بدأت تجذب هذه الحاجيات الحديدية الخفيفة ! تناول اغور قطعة من الصفيح ودلكها أيضا بالمغناطيس ، ثم قربها من دبائيس الكبس ، إلا أنها لم تتأثر بقطعة الصفيح وظلت في وضعها هادئة ولم تبد أية رغبة في القفز إلى الأعلى .

— لماذا ؟ — سأل اغور .

— ماذا تقصد «بماذا» ؟ سألته تانيا .

— لماذا لا تجذب قطعة الصفيح الدبائيس ؟

تفحصت تانيا كلا من الإبرة وقطعة الصفيح وقالت :

— الإبرة مصنوعة من الفولاذ ، لذلك يمكنها أن تكون مغناطيسا .



تناولت تانيا حلقاتها المغناطيسية وقالت :  
— في هذه المغناط أطلبت الأقطاب  
الشمالية باللون الأزرق ، والأقطاب الجنوبية  
باللون الأحمر . قربت تانيا بعد ذلك الحلقات  
المغناطيسية من بعضها ، بحيث كانت  
الأقطاب المتقابلة مختلفة ، فالتصقت المغناط  
ببعضهما مصدرة بذلك صوتا عاليا رنانا .  
أدارت تانيا بعد ذلك أحد هــ



طلب ليونيا من تانيا هذه المغناط . ووضعها الواحد فوق الآخر بحيث كانت الأقطاب المتشابهة تقابل بعضها . وشعر جيدا كيف حاولت المغناط الإفلات من يده . بعد ذلك حرر يده فجأة فقفز المغناطيس العلوى إلى الأعلى ومن ثم وقع على الأرضية مصدرا صوتا .

أخذت إيريшка قلم رصاص وألبست الحلقة المغناطيسية عليه ، ثم  
ألبست عليه حلقة أخرى . ولما كان المغناطيسان متوجهين نحو بعضهما بعضا  
متشابهين ، فقد تنافرا . انضغط المغناطيس السفلى على الطاولة ، في حين  
تعلق الآخر في الهواء دون تدخل من أحد .

— أما الآن فاحزروا هذا اللغز ! — قالت تانيا .  
أخذت طبقا غويطا وصبت فيه الماء ، ووضعت مغناطيسا شكله يشبه  
الأصبع في غطاء لقنينة ووضعت الغطاء بما فيه في الماء ، فطفأ الغطاء على  
الماء مع المغناطيس .

الكل ينظرون الى الغطاء ، والغطاء يستدير لوحده . استدار الغطاء واهتز عدة مرات فوق متخذا بذلك وضعاً يتجه فيه الطرف الأزرق صوب النافذة . أدارت تانيا الغطاء من جديد في اتجاه آخر ، فاهتز وأشار بطرفه الأزرق مرة أخرى إلى النافذة .

— لماذا يستدير المغناطيس في نفس الاتجاه ؟ — سأل ليونيا .  
— في أغلب الظن خبيئ مغناطيس آخر في مكان ما هناك — قال  
ايغور .

— ابحثوا عنه — عرضت عليهم تانيا .  
هرع الصغار للبحث عنه ، إلا أنهم لم يجدوا شيئا .



- فلربما يكون في مكان ما خارج البيت — قال ليونيا .
- صحيح ، إنه خارج البيت — ابتسمت تانيا — فهذا المغناطيس هو كرتنا الأرضية . ويقع أحد قطبيه شمالا ، في منطقة القطب الشمالي ، أما الثاني فيقع جنوبا ، في منطقة القطب الجنوبي .
- ألا يعني هذا أننا حصلنا على بوصلة ؟ — سألت ايريشكا .
- نعم .
- هل المؤشر في البوصلة الحقيقية مغناطيس أيضا ؟ — سأل ليونيا .
- بالطبع ، إنه مغناطيس — أجابت تانيا .

ليس من الصعب إعادة التجارب المشروحة في القصة أعلاه . فمغنطة الحاجيات المصنوعة من الفولاذ عملية لطيفة بحد ذاتها . ويجب ألا يغيب عن بالكم أن الحديد المطاوع (كالصفيح مثلا) لا يتمغنط عمليا . أما التجارب التي نحصل عند تنفيذها على بوصلة فهي ممتعة جدا . ومن الواضح أنه يجب في هذه الحالة استخدام مغناطيس على شكل قضيب . وإذا لم تنجح التجربة بواسطة المغناطيس الطافي في الطبق ، فيمكن في هذه الحالة تعليق المغناطيس بخيط .

### المسمار السحري

- وضعت ايريشكا مصباحا في الفانوس الذي حضره ليونيا وسألت :
- هل عندك سلك ؟
- نعم — أجابها ليونيا وبدأ يفك السلك من المسمار الذي كان قد لف عليه ، كما يلف على البكرة .
- كانت عملية فك السلك غير مريحة ، فقالت ايريشكا :
- حسنا ، دعه على حاله .

كانت تريد فقط أن تفحص المصباح لتتأكد مما إذا كان يعمل أم لا . فأوصلت أحد طرفي السلك الذي كان ملفوفا على المسمار بالبطارية ، والطرف الثاني بالمصباح . وما أن أوصلت السلك بالمصباح حتى بدأ يضيء ، وفي ذات الوقت أفلتت من مكانها على الطاولة عدة دبائيس كبس والتصقت بالمسمار . لم تفهم ايريشكا شيئا في البداية وفصلت السلك عن المصباح ، فلم يعد المسمار يجذب الدبائيس . وبعد قليل عادت وأوصلت السلك ثانية فعادت الدبائيس من جديد والتصقت بالمسمار . في هذه المرة رأى الجميع — ايريشكا وليونيا وايجور — أنه حالما يشتعل المصباح في الفانوس تلتصق الدبائيس بالمسمار .

— جن ، جن ! — صاحوا جميعا .

— من الذي جن — قالت تانيا مستفسرة .





— السمار — أحب ايغور .  
أقربت تانيا من الطاولة وتفحصت جيدا السمار الذي لف عليه السلك  
ثم قالت :

— لم يجر . أصبح مغناطيسا كهربائيا .  
— أى مغناطيس ؟ — سأل الصغار مستفسرين .  
— كهربائيا .

أخذت البوصلة المغناطيسية ووضعتها على الطاولة وبعد ذلك قربت منها  
السلك وأوصلته بقطبي البطارية . وما أن قامت بذلك حتى استدار مؤشر  
البوصلة في الحال وصار يشير  
إلى السلك . وعندما فصلت  
تانيا البطارية عن السلك استدار  
المؤشر من جديد .

— عندما تسرى الكهرباء  
في السلك يبدأ بجذب الحاجيات  
الحديدية قليلا . ويحدث هذا  
جيدا بشكل خاص عندما يكون  
السلك ملفوفا على شكل حلقة .

لفت تانيا السلك في حلقة وأوصلته بالبطارية .  
فاستدار المؤشر في البوصلة نحو الحلقة في الحال . حتى  
اهتز من جراء هذه الحركة الخاطفة .  
— أنا أعرف الآن — قالت إيريشكا — كلما كان  
عدد الحلقات أكثر . صارت تجذب الحاجيات الحديدية  
بقوة أقوى .

تناولت إيريشكا السمار وبدأت تلف عليه السلك  
لتعمل مغناطيسا كهربائيا . وقامت بالتى لفة



بعد ذلك جهز الصغار الألعابة المبينة بالرسم . ثبوا  
السمار الذي لف عليه السلك في اللوحة الخشبية . فجهزوا  
مغناطيس كهربائى . وضعوا فوق هذا المغناطيس قطعة  
مستطيلة من الصفائح بحيث كان أحد طرفيها مثبتا في اللوحة  
والطرف الثانى ثبت فيه قلم رصاص . أوصلوا المغناطيس  
الكهربائى بالبطارية ، فصار يجذب قطعة الصفائح . وينقر  
القلم على اللوحة الخشبية .

وضع الصغار تحت القلم على اللوحة شريطا ورقيا ،  
من الأشرطة التى تستعمل للزينة فى عيد رأس السنة ،  
أما تانيا فأخذت مفتاح الفصل والبطارية وذهبت بهما إلى  
الغرفة الثانية



— اسحبوا الشريط ، فأنا أرسل إليكم برقية !

أخذوا يسحبون الشريط رويدا رويدا ، وتانيا تدق على مفتاح الفصل ،  
فيجذب المغناطيس الكهربائي قطعة الصفيح والقلم الرصاص معها ، أما القلم  
فيكتب لهم برقية ، نقطة خط ، نقطة خط ...

— خلاص — صاحت تانيا .

جلبوا الشريط إلى تانيا فقالت :

— اقرأوا — وأعطتهم قطعة من الورق كتبت عليها حروف على شكل  
نقاط وخطوط . فحزرت ايريشكا حالا بأنها أبجدية مورس . تطلعت ايريشكا  
إلى هذه الأبجدية وبعدها إلى شريط البرقية وقالت :

— خط ، نقطة ، خط — الحرف «ك» .

فحزرت ايغور بالأمر ونظر إلى الأبجدية ومن ثم أضاف قائلا :

— نقطة ، خط ، نقطتان — الحرف «ل» .

وقال ليونيا :

— نقطة ، خط ، نقطة ، خط — الحرف «ع» .

عادت ايريشكا تقول :

— نقطة ، خط — الحرف «أ» .

قال ليونيا مرة ثانية :

— خطان — الحرف «م» .

— كل عام وأنتم بخير ! — صاح الصغار سوية ، لأنهم حزروا ما كتب

في البرقية .

هكذا هنأت تانيا الأطفال بحلول عيد رأس السنة .

إن تحضير المغناطيس الكهربائي سهل للغاية ، ولكن يجب أن  
تذكر دائما أن تحضيره يتطلب استخدام سلك معزول . وأحسن سلك  
يمكن استخدامه لهذا الغرض هو السلك المستعمل في أجهزة الراديو والمعزول  
بمادة الورنيش .

يمكن استعمال المغناطيس الكهربائية في كثير من الألعاب الخاصة  
بالصغار . فعلى سبيل المثال لو استبدلنا الخطاف في المرفاع المجمع من  
القطع التركيبية بمغناطيس كهربائي لأصبح اللعب بهذا المرفاع أكثر  
متعة .

إن تركيب جهاز التلغراف الكاتب يظهر على الرسم بوضوح . والمهم  
ألا ننسى بأنه يجب أن نثبت على قطعة الصفيح التي تنجذب من  
قبل المغناطيس الكهربائي ، وبصورة مباشرة فوقه ، قطعة صغيرة من الحديد  
المطواع أو قطعة من الصفيح بعد أن نطويها ٥ — ١٠ طيات . وذلك ضروري  
ليجذب المغناطيس حامل القلم بقوة أكبر .

### مسائل وتمارين

- ١ — لماذا تتطاير أحيانا شرارات نارية وتسمع فرقعة عندما  
تخلع في الظلام الجاكيت أو البلوزة المحاكاة من النسيج الاصطناعي  
أو من الخيوط الصوفية ؟
- ٢ — لماذا تسمع فرقعة عندما تمشط الشعر النظيف والجاف  
بالمشط البلاستيكي ؟





انقضى عامان . . . سافرت ايريشكا وليونيا الى شبه جزيرة  
كامشاتكا ليعيشا مع والديهما . وهما الآن على ساحل المحيط  
الهادى وأحيانا يكتبان لى رسائل .

من خلال هذه الرسائل عرفت أن ايريشكا مولعة الآن بعلم  
الأرصاد الجوية وأن بمقدورها الآن أن تتنبأ بحالة الطقس تنبؤا  
صحيحا . أما ليونيا فقرر القيام برحلة بحرية حول العالم على متن  
سفينة شراعية ينوى إعدادها خصيصا لهذا الغرض . ولا أدري فى  
الواقع ، هل سيتمكن من ذلك أم لا ، فالمحيط الهادى ليس  
بحيرة !

أما ايغور فلم يسافر إلى أى مكان . وقبل فترة اشترى له  
والداه تلسكوبا وهو الآن يدرس علم الفلك . ويقول إن هذا العلم  
أكثر متعة من الفيزياء .

بعد عدة أشهر من سفر ليونيا وايريشكا ، تخرجت تانيا من  
معهد الموسيقى وهى تعمل الآن فى الاوركسترا بمدينة أخرى وتكتب  
لى أحيانا .

بالطبع أنا مشتاق إلى أصدقائى . وعندما أكون حزينا جدا  
أتناول من على الرف كتاب «الفيزياء للصغار» فأتذكر تلك الأيام  
البهيجة التى قضيناها سوية .

٣- ما هو البرق ؟

٤- لماذا يضىء المصباح الكهربائى ؟

٥- لأى شىء يستعمل مفتاح الفصل ؟

٦- لماذا لا يسمح بإيصال الألغوبة التى تحضرها بنفسك

بشبكة الأسلاك الكهربائىة ؟

٧- أى الحاجيات يجذبها المغناطيس ؟ وأى منها لا

يجذبها ؟

٨- ما هو مؤشر البوصلة ؟

٩- لماذا يتجه مؤشر البوصلة بأحد طرفيه إلى الشمال

وبالطرف الآخر إلى الجنوب ؟



## المحتويات

كلمة المؤلف ٥

الاهتزاز والأصوات ١٠

هاتف من علبي الكبير ١٥

كيف نكبر الصوت ؟ ٢١

ما حاجة الأرب إلى الأذنين

الطويلتين ؟ ٢٦

كيف يمكنك رؤية صوتك ؟ ٣١

لماذا تغنى الأسطوانة ؟ ٣٧

الصدى ٣٩

أسئلة وتمارين ٤٦

البقع الضوئية المتراقصة ٥٠

حيل بواسطة المرايا ٥٥

كيف نقل البيض على أشعة الشمس ٦٢

آلة تصوير بدائية ٦٦

أسئلة وتمارين ٧٥



الصوت



الضوء

معطف القرو يدفئ أم لا ؟ ٧٨

محرار من قنينة زجاجية ٨٣

تحويل الخطوات الى نار ٨٩

أسئلة وتمارين ٩٤

لماذا يرتفع المنطاد ؟ ٩٨

لماذا تهب الريح ؟ ١٠٢

الأحجار السائلة ١٠٦

الماء الصلب ١١١

لماذا ينزل المطر ؟ ١١٧

لماذا يتساقط الثلج ؟ ١١٩

أسئلة وتمارين ١٢٤

الأقزام الكرتونية فى السينما ١٢٨

إحياء الجندى ١٣٢

من الذى تحرك ؟ ١٣٥

الساعة الشمسية ١٣٧

أسئلة وتمارين ١٤٣



الحرارة



السوائل والغازات  
والأجسام الصلبة



الفراغ والحركة





## القصور الذاتى والدفع النفسى

- العجلات الكسولة ١٤٦
- ليونيا يصبح ساحرا ١٤٩
- الصاروخ وعلبة الصفيح ١٥٤
- اللعبة الثفائة ١٥٧
- اللعبة التى غزت الفضاء ١٦٢
- ما حاجة السفينة إلى الأشرعة ؟ ١٦٦
- الطاحونة القديمة ١٧٠
- لماذا تطير طيارات الورق ؟ ١٧٧
- أسئلة وتمارين ١٨٠



## الكهرباء والمغناطيسية

- كيف نحصل على قليل من  
الكهرباء ١٨٤
- مصايح شجرة عيد رأس السنة ١٨٨
- المغانط ١٩٤
- المسمار السحري ١٩٨
- أسئلة وتمارين ٢٠٣

### الى القراء الأعزاء

تصدر دار «مير» مختلف الكتب العلمية والفنية المختارة من أفضل المراجع الجامعية وكذلك بعض الكتب العلمية المبسطة . وهذه الكتب تصدر باللغة العربية وغيرها من اللغات .

ويسر الدار معرفة رأيكم فى هذه الكتب وتكون شاكرة لكم لو أبدىتم لها ملاحظاتكم حول مضمونها وترجمتها وتصميمها الفنى .

عنوان دار «مير» :

الاتحاد السوفيتى — موسكو ١١٠ — بيرفى ريجسكى بيربولوك رقم ٢

يرجى ارسال الطلبات الى الوكلاء المعتمدين لدى مؤسسة «ميجدونارودنايا كنيغا»

السوفيتية ، موسكو ١١٣٠٩٥ ، شارع دميتروف ٣٩/٢٠ ، «ميجدونارودنايا كنيغا» .